

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Sami Antero Koivisto

KIERTOKANKIVERSTAAN
ROBOTTISOLUN
KEHITTÄMISPROJEKTI

Tekniikka ja liikenne

2009

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen yksikössä. Työ on kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman päättötyö, jonka tilaajana on Wärtsilä Finland Oy:n Vaasan toimitusyksikön kiertokankiverstas.

Työn ohjaajana toimi Vaasan ammattikorkeakoulussa lehtori Pertti Lindberg ja Wärtsilä Finland Oy:ssä valvojana toimi kiertokankiverstaan päällikkö Veli-Matti Mäkelä, joita kiitän työni ohjauksesta ja opastuksesta työn eri vaiheissa. Lisäksi haluan kiittää kaikkia kiertokankiverstaalla työskenteleviä henkilöitä, joiden asiantuntemus, ohjeet ja ehdotukset edistivät työni valmistumista.

Työn julkisesta versiosta on Wärtsilä Finland Oy:n vaatimuksesta poistettu vaiheajat ja tehdyt kapasiteettilaskut on esitetty vain karkealla tasolla.

Vaasassa 2.11.2009

Sami Koivisto

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Sami Koivisto
Opinnäytetyön nimi	Kiertokankiverstaan robottisolun kehittämisprojekti
Vuosi	2009
Kieli	suomi
Sivumäärä	68 + 13 liitteenä
Ohjaaja	Pertti Lindberg

Tämä opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Finland Oy:n Vaasan toimitusyksikköön kuuluvalla kiertokankiverstaalle.

Työn tavoitteena oli lyhentää käsiteltävien kappaleiden läpäisyäikää robottisolun läpi, lisätä automaattisen jäysteenpoiston määrää ja parantaa sekä jäysteenpoiston että kuulapuhalluksen laatua.

Työssä selvitettiin ensin prosessin alkutilanne, josta pyrittiin tunnistamaan ongelmia ja parannuskohteita solun toiminnassa. Ongelmakohtiin tutkittiin sitten mahdollisia ratkaisuvaihtoehtoja.

Projektin tuloksena robottisolun toimintaa saatiin parannettua sekä nopeuden että laadun osalta. Kehitystä saatiin aikaan muuttamalla robottiohjelmien rakennetta sekä hankkimalla soluun uusia työkaluja. Lisäksi kirjattiin kehittämis ehdotuksia, joita voidaan ehkä tulevaisuudessa toteuttaa.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
 UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
 Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Sami Koivisto
Title	Development Project for the Robot Cell in the Conrod Workshop
Year	2009
Language	Finnish
Pages	68 + 13 Appendices
Name of Supervisor	Pertti Lindberg

This thesis was made for the Conrod Workshop of Wärtsilä Vaasa Delivery Centre, which is a part of Wärtsilä Finland Oy.

The objective of this thesis was to reduce the cycle time of the robot cell, to increase the amount of automatic deburring as well as improving the quality of deburring and shot blasting.

The project was started with an inquiry of the process in its starting state, from which problems and targets for improvement were searched. Different kinds of solutions for these problems and possible improvements were then considered.

As a result of this project the operation of the robot cell was improved on both cycle time and quality of work. Development was achieved by modifying the robot programs. As a result of the modification, cycle times were reduced 23 per cent on average. Moreover, new tools and equipment for the robot cell, such as a new grinding tool and a modified brushing tool, were acquired to improve the quality of work. New handling station was also planned and manufactured. Furthermore, ideas for future development were also recorded.

Keywords	Robot cell, Cycle time, Deburring
----------	-----------------------------------

SISÄLLYS

ALKUSANAT.....	<u>2</u>
TIIVISTELMÄ.....	<u>3</u>
ABSTRACT	<u>4</u>
1 JOHDANTO	<u>9</u>
1.1 Opinnäytetyön aihe	<u>9</u>
1.2 Työn tavoitteet	<u>10</u>
2 YHTIÖ	<u>11</u>
2.1 Wärtsilä Oyj Abp	<u>11</u>
2.2 Wärtsilä Vaasassa.....	<u>13</u>
2.2.1 Wärtsilän historia Vaasassa	<u>13</u>
2.2.2 Toiminnot Vaasassa.....	<u>13</u>
2.2.3 Kiertokankiverstas.....	<u>14</u>
3 LÄPÄISYAIKA	<u>15</u>
3.1 Tuotteen jalostusketjun parantaminen.....	<u>15</u>
3.2 Koneiden käyttöasteen nostaminen.....	<u>16</u>
3.3 Työvaihekohtaisten aikojen lyhentäminen	<u>16</u>
3.4 Tehollisen työajan lisääminen	<u>16</u>
3.5 Kaaviokuva	<u>17</u>

4 ROBOTTISOLU.....	<u>18</u>
4.1 Layout.....	<u>18</u>
4.2 Tarkoitus.....	<u>19</u>
4.3 Käsiteltävät kappaleet.....	<u>20</u>
4.4 Käsittelyrobotti	<u>21</u>
4.5 Jäysterobotti.....	<u>22</u>
4.6 Kuulapuhalluskone.....	<u>25</u>
4.7 Rullarata.....	<u>25</u>
4.8 Kääntöasema.....	<u>26</u>
5 PROSESSIN ALKUTILANNE.....	<u>27</u>
5.1 Työkierrot	<u>27</u>
5.1.1 Alaosa	<u>27</u>
5.1.2 Varsi.....	<u>30</u>
5.2 Robottisolun kapasiteetti	<u>33</u>
5.3 Ongelmakohdat	<u>34</u>
5.3.1 Alaosien jäysteenpoisto	<u>34</u>
5.3.2 Alaosien kuulapuhallus.....	<u>36</u>
5.3.3 Varsiosien jäysteenpoisto	<u>36</u>
5.3.4 Käsittelyohjelman alku- ja loppuvaiheet	<u>37</u>
5.3.5 Muita ongelmia	<u>37</u>

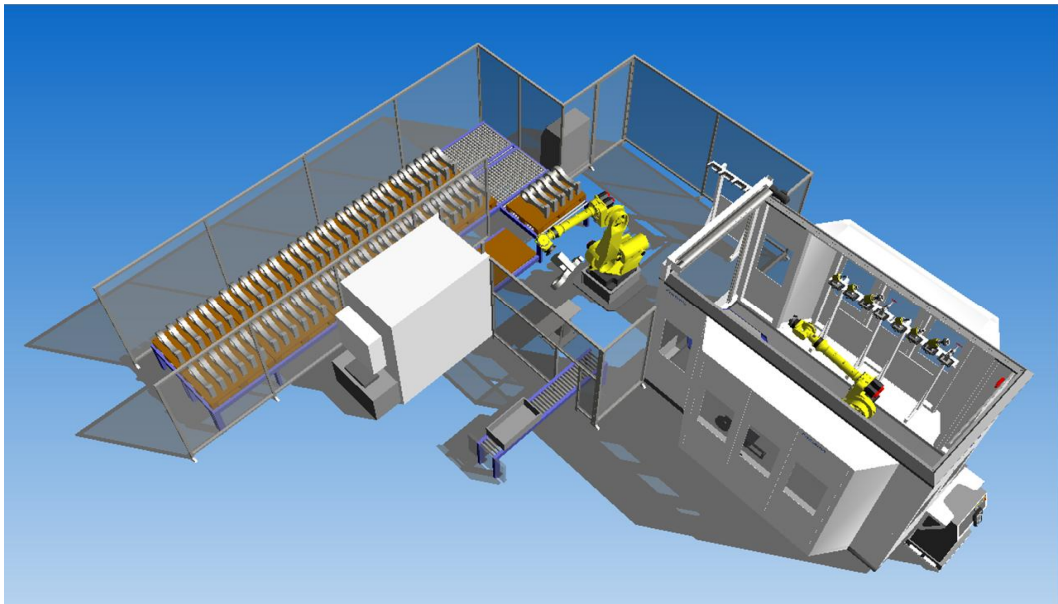
6 PROSESSIN KEHITTÄMINEN	<u>38</u>
6.1 Varsiosan jäysteenpoisto ja viimeistely	<u>38</u>
6.1.1 Jäysteenpoisto-ohjelman rakennemuutos	<u>38</u>
6.1.2 Silmukan kevennyksen (R115) hiominen käsittelyrobotilla.....	<u>41</u>
6.1.2.1 Uusi työkalu	<u>42</u>
6.1.2.2 Työn suoritus	<u>43</u>
6.2 Alaosien jäysteenpoiston testit.....	<u>46</u>
6.2.1 Kuulapuhalluksessa syntyvä mikrojäyste	<u>46</u>
6.2.2 Käsityökalutesti	<u>46</u>
6.2.3 Uusi harjatyökalu	<u>47</u>
6.2.4 Muutokset koneviilaukseen	<u>48</u>
6.2.5 Työkalutesti tykyttävällä viilalla	<u>49</u>
6.3 Alaosien kuulapuhallus	<u>50</u>
6.3.1 Puhallussuuttimen siirto.....	<u>50</u>
6.3.2 Ohjelmamuutos	<u>51</u>
6.4 Puskuriasema	<u>52</u>
6.4.1 Rakenne ja sijoitus.....	<u>52</u>
6.4.2 Vaikutus työkiertoihin	<u>53</u>
6.5 W20-kiertokangen kuulapuhallus	<u>56</u>
6.6 Muita parannuksia	<u>58</u>
6.7 Ohjeiden laatiminen	<u>58</u>

7 PROJEKTIN TULOKSET	<u>59</u>
7.1 Alaosa	<u>59</u>
7.2 Varsi	<u>61</u>
7.3 W20-kiertokanki	<u>63</u>
7.4 Robottisolun kapasiteetti	<u>64</u>
8 PARANNUKSIA TULEVAISUUDESSA	<u>65</u>
8.1 Alaosa	<u>65</u>
8.2 Varsiosa	<u>65</u>
8.3 W20-kiertokanki	<u>66</u>
LÄHDELUETTELO.....	<u>67</u>
LIITTEET.....	<u>68</u>

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön aihe

Opinnäytetyön aiheena on robottisolun toiminnan kehittäminen Wärtsilän Vaasan toimitusyksikön kiertokankiverstaalla. Solu huolehtii kiertokankien koneistuksen jälkitöistä, joita ovat loppujäysteenpoisto ja kuulapuhallus. Solu koostuu kahdesta kuusiakselisesta nivelvarsirobotista ja kuulapuhalluskoneesta sekä kappaleita soluun tuovasta ja pois vievästä rullaradasta. Toinen roboteista hoitaa kappaleiden käsittelyn solun sisällä ja toinen robotti huolehtii jäysteenpoistosta. Kuvassa 1 on robottisolun 3D-mallikuva.



Kuva 1. Kiertokankiverstaan robottisolu

Tuotantomäärien kasvaessa ollaan tullut pisteeseen, jossa robottisolun kapasiteetti ei enää näytä riittävän, vaan siitä on tullut tuotannon pullonkaula. Liian hitaan toiminnan lisäksi automaattista jäysteenpoistoa ei pystytä toteuttamaan tarpeeksi ja tästä syystä jäystötoimenpiteitä joudutaan tekemään paljon myös käsityönä. Myös kuulapuhalluksessa on ongelmia, joiden takia joitakin kappaleita on jouduttu puhaltamaan useita kertoja, mikä on hidastanut solun toimintaa entisestään.

1.2 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena on lyhentää käsiteltävien kappaleiden läpäisyäikää robottisolun läpi, lisätä automaattisen jäysteenpoiston määrää mahdollisimman paljon ja parantaa sekä jäysteenpoiston että kuulapuhalluksen laatua. Työn luonne on suurimmaksi osaksi solun optimointia ilman suuria muutoksia itse soluun, vaan muutokset kohdistuvat lähinnä sen toimintaan. Suuriin investointeihin ei ole työn puitteissa varaa, mutta arvioitiin, että solun toimintaa pystytään parantamaan huomattavasti pienilläkin panostuksilla.

Kiertokankiverstaalla on kaksi tuotetta, W32- ja W20-kiertokanget, joista W32-kiertokanget käsitellään alkutilanteessa robottisolussa.

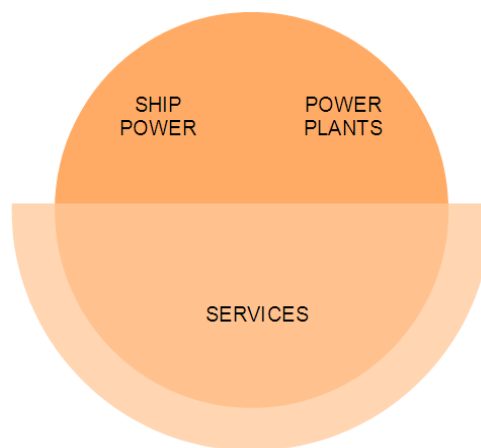
W20-kiertokankia ei käsitellä alkutilanteessa robottisolussa lainkaan. Niiden jäysteenpoisto suoritetaan käsityönä ja kuulapuhallus hoidetaan vanhalla puoliautomaattisella koneella, joka on poistumassa käytöstä. Työn tavoitteena on myös sovittaa W20-kiertokankien kuulapuhallus tehtäväksi robottisolun yhteydessä olevalla kuulapuhalluskoneella.

Solun toiminta pyritään saamaan sellaiselle tasolle, että se selviää vuoden 2009 ohjelman tuotantomäärästä olematta enää kiertokankiverstaan tuotannon pullonkaulana. Vuoden 2009 tuotannon tavoitteet ovat n. 9000 W32F-kiertokankea ja n. 5500 W20-kiertokankea.

2 YHTIÖ

2.1 Wärtsilä Oyj Abp

Wärtsilä Oyj Abp on suomalainen konepajateollisuutta harjoittava pörssiyhtiö, joka toimittaa laivamoottoreita, -koneistoja ja -laitteistoja sekä öljy-, kaasu- ja monipolttoainemoottoreihin perustuvia voimalaitoksia. Yhtiön liiketoiminta jakautuu kolmeen alueeseen, jotka ovat Ship Power, Power Plants ja Services. Kuvassa 2 on kuvattu Wärtsilän liiketoiminta-alueet.



Kuva 2. Wärtsilän liiketoiminta-alueet /2/

Ship Power Wärtsilä on johtava laivojen koneisto- sekä propulsio- ja ohjausjärjestelmien toimittaja, joka palvelee kaikenlaisien alusten ja offshore-sovellusten rakentajia, omistajia ja käyttäjiä.

Power Plants Wärtsilä on merkittävä toimittaja hajautetun energiantuotannon voimalamarkkinoilla.

Services Wärtsilä tukee asiakasta toimitetun järjestelmän koko elinkaaren ajan tarjoamalla huolto-, ylläpito- ja kunnostuspalveluja sekä laivojen koneistoille että voimaloille. Perinteisen huoltotoiminnan rinnalla Wärtsilä on laajentanut palvelujaan innovatiivisiin asiakkaan liiketoimintaa tukeviin palveluihin. Näitä ovat esimerkiksi merkkiriippumaton huolto maailman pääsatamissa sekä ennakoiva ja moottorien kuntoon perustuva huolto ja koulutus.

Yhtiön markkinat sijaitsevat Euroopassa, Aasiassa, Amerikassa ja Afrikassa. Yhteensä 88000 Wärtsilä-moottoria on tähän mennessä toimitettu 4200 voimalaan 160 maassa. Joka kolmas laiva maailman merillä seilaa Wärtsilän voimin. Yhtiön liikevaihto vuonna 2008 oli 4.612 miljoonaa euroa. Wärtsilässä työskentelee n. 17000 työntekijää yli 160 toimipisteessä 70 maassa.

Wärtsilällä on Suomessa toimintaa Helsingissä (pääkonttori), Vaasassa, Turussa, Raisiossa, Kiuruvedellä ja Espoossa. Suomessa Wärtsilässä työskentelee yli 3000 työntekijää.

Wärtsilä perustettiin vuonna 1834 Tohmajärven kunnassa Itä-Suomessa. /2/

2.2 Wärtsilä Vaasassa

2.2.1 Wärtsilän historia Vaasassa

Wärtsilä aloitti toimintansa Vaasassa vuonna 1936 ostamalla Onkilahden konepajan. Parikymmentä vuotta myöhemmin Wärtsilä rakensi alueelle moottoritehtaan ja aloitti dieselmoottorivalmistuksen vuonna 1955. Ensimmäiset moottorit valmistettiin Nohabin ja Sulzerin lisenssillä ja ne toimitettiin Wärtsilän telakoille. Tutkimus- ja kehitystoiminnan tuloksena vuonna 1960 syntyi ensimmäinen Wärtsilän suunnittelema 4-tahtinen moottori, Wärtsilä 14. Nykyään Vaasan toimitusyksikön moottorivalikoima käsittää Wärtsilä 20-, Wärtsilä 32- ja Wärtsilä 34SG -tuoteperheet. Yli 90 % tuotannosta menee vientiin. /2/

2.2.2 Toiminnot Vaasassa

Vaasan keskustassa sijaitsee Vaasan toimitusyksikkö, joka on vastuussa Ship Powerin ja Power Plantsin myymien moottoreiden toimituksista. Tähän sisältyvät avainkomponenttien koneistus sekä moottoreiden ja generaattorilaitteistojen asennus. Vaasassa sijaitsee myös 4-tahtimoottorien tutkimuksen ja tuotekehityksen pääkeskus, moottorilaboratorio tuotekehitystä varten sekä Waskiluoto Validation Centre, jossa testataan uusia teknologioita. Vaasan Runsorissa on lisäksi Ship Power, Power Plants ja Services sekä niihin liittyvät myynti- ja projektinhallintatoiminnot. Henkilöstömäärä Vaasassa on yhteensä 2700. Kuvassa 3 on Wärtsilän Vaasan toimitusyksikkö. /2/



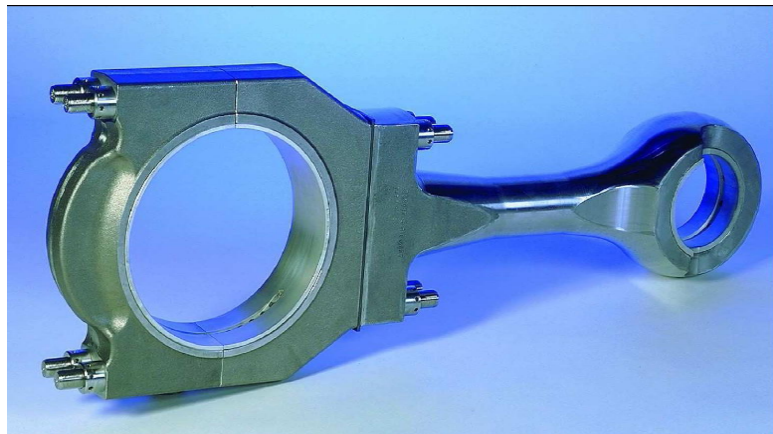
Kuva 3. Vaasan toimitusyksikkö /2/

2.2.3 Kiertokankiverstas

Kiertokankiverstas on osa Vaasan toimitusyksikön moduulitehdasta. Kiertokankiverstaan nykyiset tuotteet ovat W32- ja W20-kiertokanget. (Kuvat 4 ja 5) W32-kiertokankia käytetään Wärtsilä 32, Wärtsilä 34DF ja Wärtsilä 34SG -moottoreissa, W20-kiertokankia Wärtsilä 20 -tuoteperheen moottoreissa.

Kiertokankia koneistetaan ja kokoonpannaan Vaasan toimitusyksikössä valmistettaviin moottoreihin ja varaosiksi huollon tarpeisiin Runsoriin. Lisäksi W20-kiertokankia lähetetään Kiinassa valmistettaviin moottoreihin.

W32-kiertokankien osia ostetaan myös alihankinnasta: varsiosia Hollannista Wärtsilän Zwollen koneistusyksiköltä DTS:ltä ja alaosia Komatsu Oy:ltä Sastamalasta.



Kuva 4. W32F-kiertokanki /2/



Kuva 5. W20-kiertokanki /2/

3 LÄPÄISYAIKA

Tuotannon läpäisyajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu työn aloittamisesta tuotteen valmistumiseen. Tässä työssä läpäisyajalla tarkoitetaan aikaa, jonka yksi kappale on robottisolussa ottaen huomioon myös ajan, joka kuluu robottipaletin vaihtoon.

Koko ajan kiristyvässä ja yhä kansainvälistyvämmässä kilpailussa yritysten reagointinopeus ja muutosten ennakointi ovat keskeisiä kilpailuvaltteja. Vastatakseen asiakkaiden vaatimuksiin yrityksen on kyettävä toimittamaan tuotteet ja palvelut entistä lyhyemmällä toimitusajalla. Tuotannon kannalta kyse on tällöin läpäisyajan lyhentämisestä. Toimitusaikavaateisiin vastaamisen lisäksi läpäisyajan lyhentäminen pienentää keskeneräisen tuotannon määrää ja varastoja ja siten parantaa pääoman tuottoa ja kannattavuutta.

Lyhyemmällä toimitusajalla on suuri merkitys myös liikevaihdon kehitykseen. Läpäisyajan lyhentäminen on yrityksen ja sen henkilöstön omissa käsissä. Kyse on konkreettisesta yhteistoiminnasta, jolla toimintaa kehitetään yrityksen ja sen henkilöstön parhaaksi. Läpäisyajan lyhentämiseen voidaan vaikuttaa mm. seuraavilla kappaleissa esitetyillä tavoilla. /1/

3.1 Tuotteen jalostusketjun parantaminen

Tavoitteena on, että tuote etenee työvaiheesta toiseen mahdollisimman vähäisillä odotusajoilla, kuljetuksilla ja välivarastoinneilla. Tavoitetta tukee mm.

- tuotannon layoutin parantaminen
- ohjausjärjestelmän kehittäminen
- materiaalivirtauksen parantaminen
- työnjärjestelyt, esim. ryhmäorganisaation käyttöönotto
- ammattitaitoinen ja osaava henkilöstö /1/

3.2 Koneiden käyttöasteen nostaminen

Koneiden käyttöasteen nostamiseen vaikutetaan mm. seuraavilla tavoilla:

- järjestetään työajat kuormituksen mukaisesti
- huolehditaan siitä, että koneet käyvät koko vuoron ajan
- toteutetaan miehittämätön käynti mahdollisuuksien mukaan
- lyhennetään asetusajoja
- toteutetaan koneiden ennakkohuollot
- suoritetaan huollot käyntiajan ulkopuolella
- toteutetaan sijaisuusjärjestelyt /1/

3.3 Työvaihekohtaisten aikojen lyhentäminen

Työvaihekohtaisia aikoja lyhennetään mm. seuraavilla tavoilla:

- parannetaan työmenetelmiä ja -välineitä
- poistetaan turhat työvaiheet
- parannetaan työpaikkajärjestystä /1/

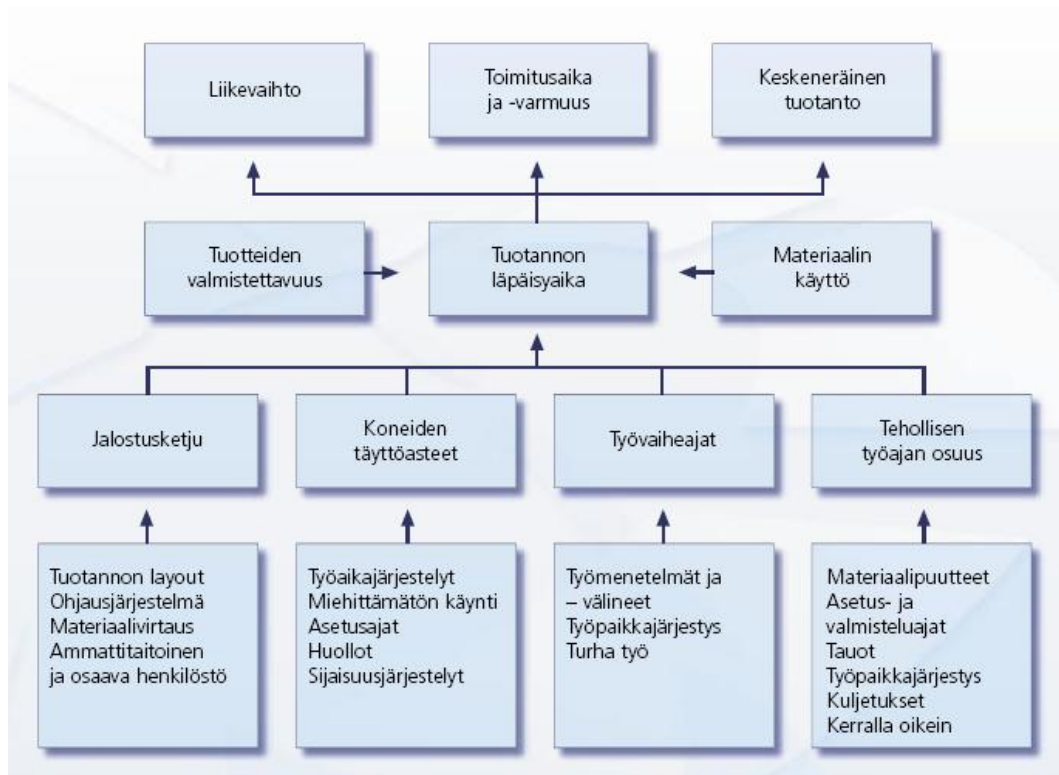
3.4 Tehollisen työajan lisääminen

Tehollista työaikaa lisätään, kun

- poistetaan turha työ ja kuljetukset
- tehdään kerralla oikein
- minimoidaan materiaalipuutteista aiheutuvat häiriöt
- lyhennetään asetus- ja valmisteluaikoja
- poistetaan turhat tauot
- parannetaan työpaikkajärjestystä
- luodaan valmiudet tehdä työtä
- työjärjestelyt tukevat työn tekemistä /1/

3.5 Kaaviokuva

Kuvassa 6 on kuvattu tuotannon läpäisy aikaan vaikuttavat keskeiset tekijät.



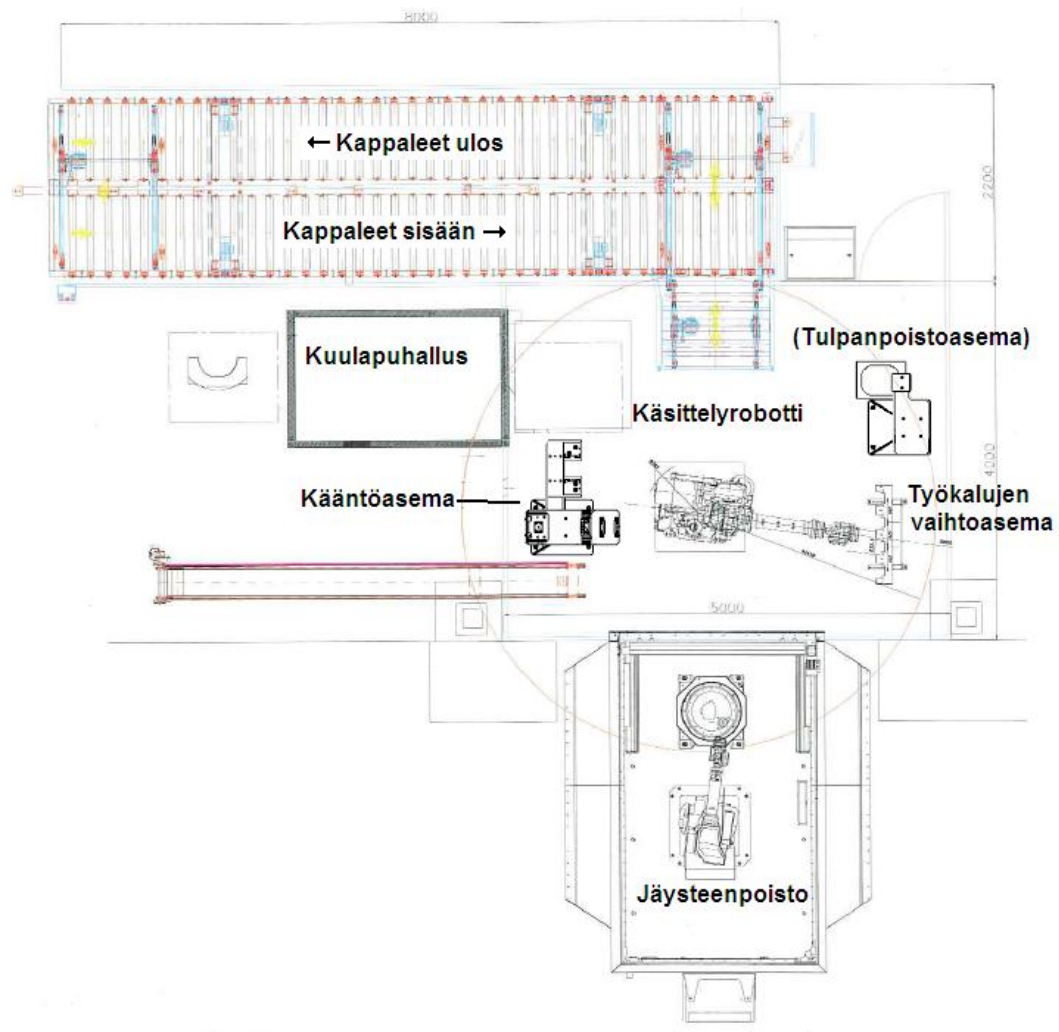
Kuva 6. Tuotannon läpäisy aika /1/

4 ROBOTTISOLU

4.1 Layout

Robottisolu koostuu kahdesta kuusiakselisesta nivelsiirrobotista, kuulapuhalluskoneesta ja kappaleita kuljettavasta rullaradasta. Molemmilla roboteilla on erillinen hylly eri työkaluja tai tarttuvia varten.

Käsittelyrobotilla on myös kääntöasema, jossa varsiosan otetta voidaan vaihtaa. Solussa on myös vanha tulpanpoistoasema, joka ei kuitenkaan ole käytössä. Sitä yritettiin käyttää kuulapuhalluksessa tarvittavien tulppien automaattiseen poistoon, mutta ratkaisu ei ollut toimiva. Kuvassa 7 on robottisolun layout.



Kuva 7. Robottisolun layout

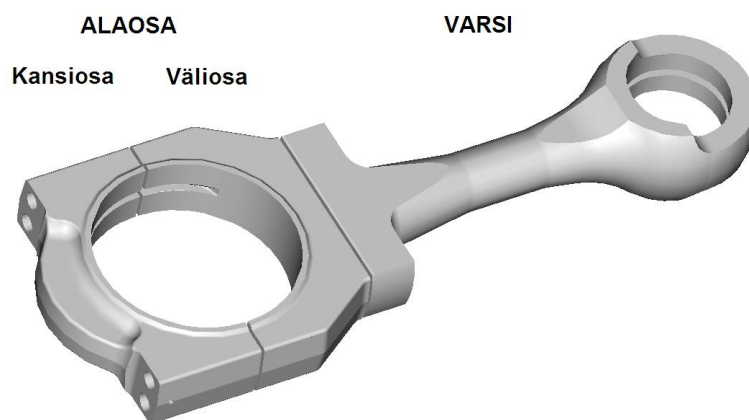
4.2 Tarkoitus

Kiertokankiverstaan robottisolu otettiin käyttöön helmikuussa 2008 korvaamaan käsin tehtävät jäysteenpoistot ja puoliautomaattisesti tehdyt kuulapuhallukset W32-kiertokankien osalta. Robottisolu on osa välisolua, joka sijoittuu koneistuksen ja osakokoonpanon väliin. Hankinnan ajatuksena oli päästä eroon käsin tehtävistä jälkitöistä, siten että tuotteet käsiteltäisiin automaattisesti ja robottisolusta tulevat tuotteet olisivat täysin valmiita. Uuden kuulapuhallusyksikön tuli korvata vanha puoliautomaattinen puhalluskone myös W20-kiertokankien osalta.

Kiertokanget osoittautuivat kuitenkin vaikeammiksi tuotteiksi jäystä automaattisesti kuin luultiin, eivätkä nämä visiot toteutuneet käytännössä.

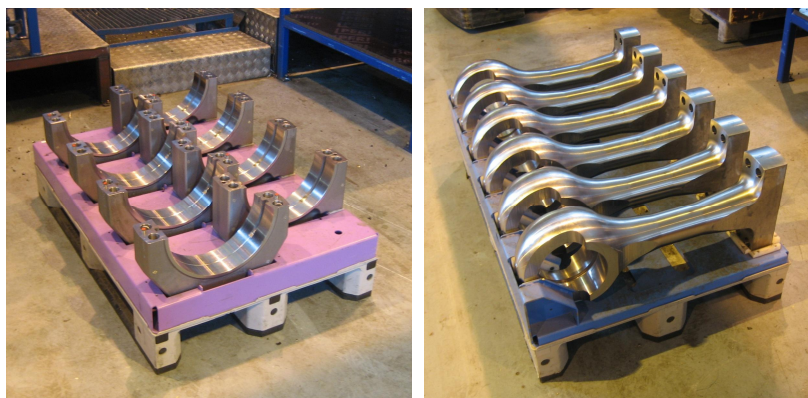
4.3 Käsiteltävät kappaleet

Robottisolussa käsitellään W32-kiertokangen eri osat, joita ovat kansiosa, väliosa (yhdessä alaosassa) ja varsi. Kaikille kappaleille tehdään solussa sekä jäysteenpoistoa että kuulapuhallusta. W20-kiertokankea ei käsitellä alkutilanteessa robottisolussa. Kuvassa 8 on kuvattu W32-kiertokangen eri osat.



Kuva 8. W32-kiertokangen osat

Kappaleet tuodaan käsittelyyn erillisillä paleteilla. Kiertokangen alaosat kulkevat aina pareina koko valmistusprosessin läpi ja ne tuodaan myös robottisoluun samassa paletissa. Varsille on oma palettinsa. Alaosapalettiin menee 4 alaosaparia ja varsipalettiin 6 varsiosaa. Paleteissa on tunnistussiru, jonka perusteella robotti valitsee käytettävän ohjelman. Kuvassa 9 on robottisolussa käytettävät paletit.

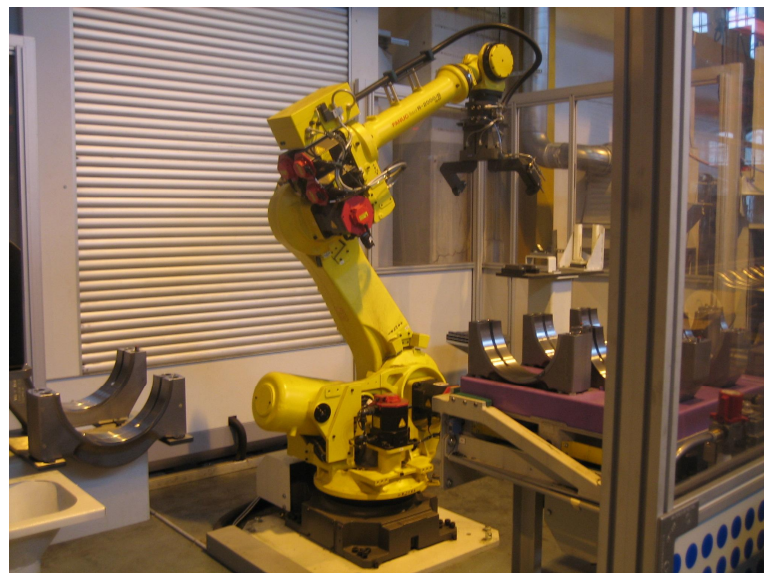


Kuva 9. Robottipaletit

4.4 Käsittelyrobotti

Käsittelyrobottina toimii kuusiakselinen Fanuc R-2000iB/165F –nivelsirobotti ja robotin ohjaimena Fanuc R-J3iC. Käsittelyrobotti siirtää kappaleita paletin, jäysterobotin ja kuulapuhalluskoneen välillä. Robotilla on käytössään kaksi tarttujaa, joista toista käytetään alaosien käsittelyyn ja toista varsille. Molemmissa tarttujissa on lisäksi paineilmapilli, jolla puhdistetaan kappaleita ja palettia silloin kun käsittelyrobotti odottaa muiden vaiheiden valmistumista. Tämä on tärkeää varsinkin kuulapuhalluksessa käytettävien teräskuulien vuoksi. Kuulat ovat pieniä ja niitä kulkeutuu joka puolelle ja väärään paikkaan jäädessään ne voivat jättää ikäviä jälkiä koneistetuille pinnoille.

Käsittelyrobotilla on myös käytössään kaksi anturia, joilla tunnistetaan kappaleiden asento paletissa. Alaosien asentoa tutkiva anturi on kiinni tarttujassa ja varsien anturi sijaitsee vanhassa tulpanpoistoasemassa. Kuvassa 10 on robottisolun käsittelyrobotti.



Kuva 10. Käsittelyrobotti alaosatarttujalla

4.5 Jäysterobotti

Jäysterobottina solussa on kuusiakselinen Fanuc M-710iC 50 –nivelsirobotti ja myös sen ohjaimena Fanuc R-J3iC. Jäysterobotti huolehtii nimensä mukaan vain jäysteenpoistosta, eikä se siirtele kappaleita.

Robotin jäystepöytä on pyörivä, ja sen ympärillä on pölyä ja roskaa keräävä ”kaulus”. Kuvassa 11 on robottisolun jäysteenpoistorobotti.



Kuva 11. Jäysterobotti, robotin oikealla puolella hiomapaperin syöttölaite

Jästerobotilla on käytössään neljä eri työkalua:

1. Päätyökaluna pyörivä koneviila (Amtru Flexicut 250), jolla suoritetaan suurin osa terävien reunojen jäystämisestä. (Kuva 12) Koneviilan kyljessä on myös paineilmapilli jäystepöydän puhdistusta varten.



Kuva 12. Amtru Flexicut 250, koneviila

2. Upotintyökalu (Amtru Flexicham 260), jolla jäystetään varsiosan sokanreiät. (Kuva 13)



Kuva 13. Amtru Flexicham 260, upotin

3. Hiomapaperityökalu, (Flap Grinder BD) jolla viimeistellään koneviilalla käsitellyt varsiosan pultinreiät ja öljyura. (Kuva 14) Solussa on työkalua varten hiomapaperin syöttölaite, jossa paperi saadaan vaihdettua automaattisesti. Syöttölaitteesta saadaan halutessa kuutta eri paperin pituutta, joista kahta käytetään.



Kuva 14. Flap Grinder BD, hiomapaperi

4. Tasoharjatyökalu (Amtru Flexibrush 220), jolla viimeistellään liitintasot ja muita pintoja. Harjana käytetään keraamista Weiler Burr-Rx –harjaa. (Kuva 15)



Kuva 15. Amtru Flexibrush 220, tasoharja

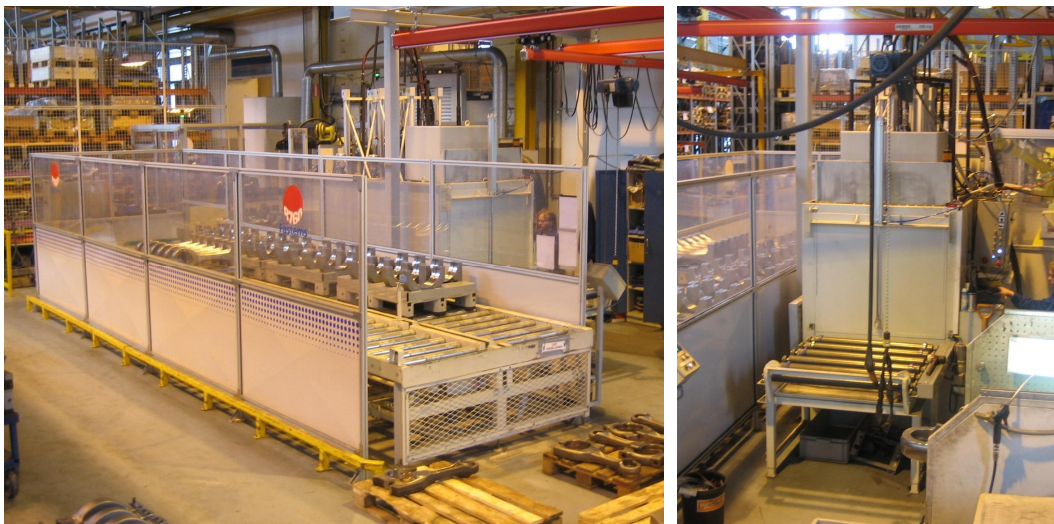
4.6 Kuulapuhalluskone

Kuulapuhalluskoneena toimii Blastjet Oy:n toimesta tarkoitukseen räätälöity paketti. Kone toimii robottisolussa automaattisesti, mutta sitä voidaan käyttää myös käsiajolla tarvittaessa. Koneessa on ovi molemmilla puolilla, joista toista käytetään automaattisesti ja toista manuaalisesti. Koneessa on neljä puhallussuutinta, joista voidaan ohjata kahta yhtäaikaaisesti.

4.7 Rullarata

Kaksiosaista rullarataa käytetään toisella radalla kappaleiden kuljettamiseen robottisoluun, ja toisella sieltä pois. Rullarata toimii myös puskurina, sillä siihen voidaan laittaa paletteja jonoon odottamaan soluun pääsyä. Kummallekin radalle mahtuu 5 palettia. Rata toimii automaattisesti, ja sitä voidaan ajaa tarvittaessa myös käsiajolla.

Palettien tunnistussirujen ansiosta paletteja voidaan lastata radalle mielivaltaisessa järjestyksessä. Kuvassa 16 on kuvattu solun rullarata ja puhalluskone.



Kuva 16. Rullarata ja kuulapuhalluskone

4.8 Kääntöasema

Kääntöasemaa käytetään varsiosan otteenvaihtoon. Kääntöasemassa saadaan tarttujalla ote molemmilta puolilta varsiosaa, jolloin varsi voidaan viedä eri asennoissa eri paikkoihin. Varsiosa käännetään jäysteenpoiston puolivälissä, jotta päästään jäystämään myös varren toinen puoli.

Kääntöasemassa on myös paikka alaosien otteenvaihtoa varten. Sitä tarvittiin aikaisemmin alaosien välijäysteenpoistossa, joka suoritettiin koneistuksen rouhinnan ja hienoajon välillä. Tämä ratkaisu ei toiminut käytännössä, joten kääntöasema on jäänyt alaosien osalta tarpeettomaksi. Kuvassa 17 on kääntöasema.



Kuva 17. Kääntöasema

5 PROSESSIN ALKUTILANNE

5.1 Työkierrot

Sekä alaosa- että varsipaletin työkierto jakautuu kolmeen vaiheeseen:

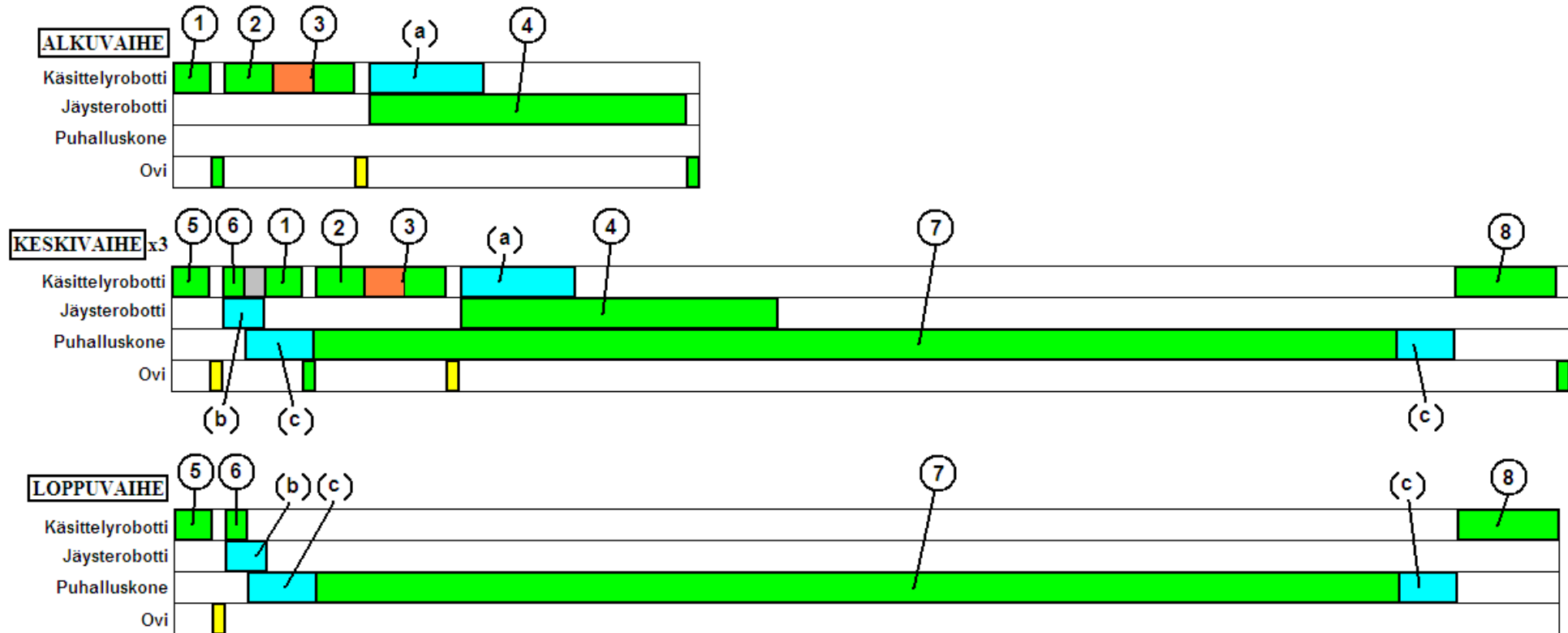
1. Alkuvaihe, jossa paletin ensimmäiset kappaleet viedään jäysterobotille ja robotti suorittaa jäysteenpoiston
2. Keskivaihe, jossa jäystetyt kappaleet viedään kuulapuhallukseen ja puhalletaan. Lisäksi viedään seuraavat kappaleet jäysteenpoistoon. Puhalluksen jälkeen viedään valmiit kappaleet takaisin palettiin. Tämä vaihe toistuu kolmesti alaosa- ja viidesti varsipaletin kohdalla.
3. Loppuvaihe, jossa paletin viimeiset kappaleet viedään kuulapuhallukseen. Puhalluksen jälkeen valmiit kappaleet viedään palettiin ja paletti on valmis lähetettäväksi ulos solusta.

5.1.1 Alaosa

Alaosien kohdalla suurin merkitys läpäisy aikaan on kuulapuhalluksella, joka on pisin työvaihe. Tämä johtuu siitä, että kappaleita on kaksi ja molemmista kuulapuhalletaan sekä laakeripinnat että liitintasot. Kuulapuhallukseen kuluva aika on noin 78 % paletin kokonaisajasta.

Alaosien jäysteenpoistoon kuluva aika on lyhyt ja se suoritetaan alkuvaihetta lukuun ottamatta kuulapuhalluksen ohessa, joten sillä ei ole muissa vaiheissa vaikutusta kokonaisläpäisy aikaan. Lyhyt aika johtuu suurimmaksi osaksi jäysteenpoiston suppeudesta.

Odotusajat näiden päätyövaiheiden välillä määräytyvät kappaleiden käsittelyn nopeudesta. Kuvassa 18 on kuvattu alaosa-työkierto robottisolussa. Alaosa-työkierron jäysteenpoiston vaiheet on kuvattu kuvassa 19.



1. Kansiosan asennon tarkistus, (kääntö jos väärässä asennossa), kansiosa ovelle
2. Jäystepöydän puhdistus ilmapillillä, kansiosa jäysterobotille
3. Väliosan asennon tarkistus, (kääntö), väliosa jäysterobotille (pöydän puhdistus)
4. Jäysteenpoisto
5. Jäystetty kansiosa puhalluskoneelle, väliosa ulos jäysterobotilta
6. Jäystetty väliosa puhalluskoneelle
7. Kuulapuhallus
8. Valmiit kappaleet palettiin

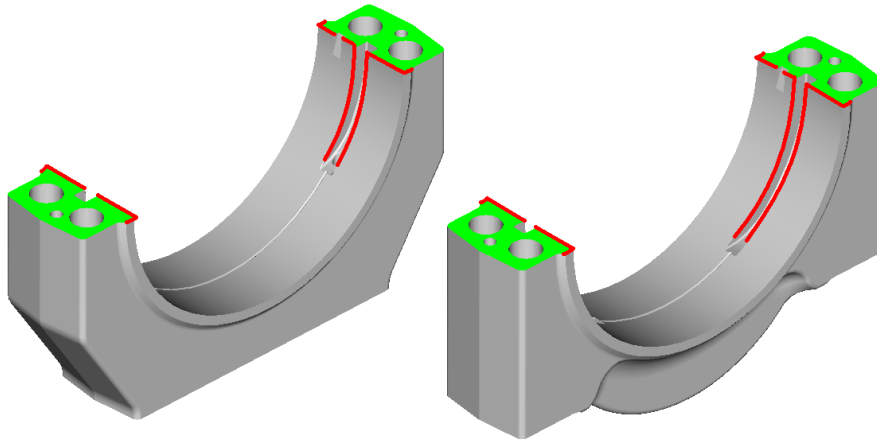
a. Paletin ja kääntöaseman puhdistus

b. Jäystepöydän puhdistus

c. Puhalluskoneen rata sisään / ulos

Kuva 18. Alaosien työkierto, alkutilanne

Työkalu / Toimenpide	Kohde
Viila	Väliosan särmät, öljyura
Pöydän kääntö 180°	
Viila	Kansiosan särmät, öljyura
Pöydän kääntö 180°	
Työkalun vaihto – Harja	
Tasoharja	Liitintasot
Työkalun vaihto – Viila	



Kuva 19. Alaosan jäystö robotilla, alkutilanne

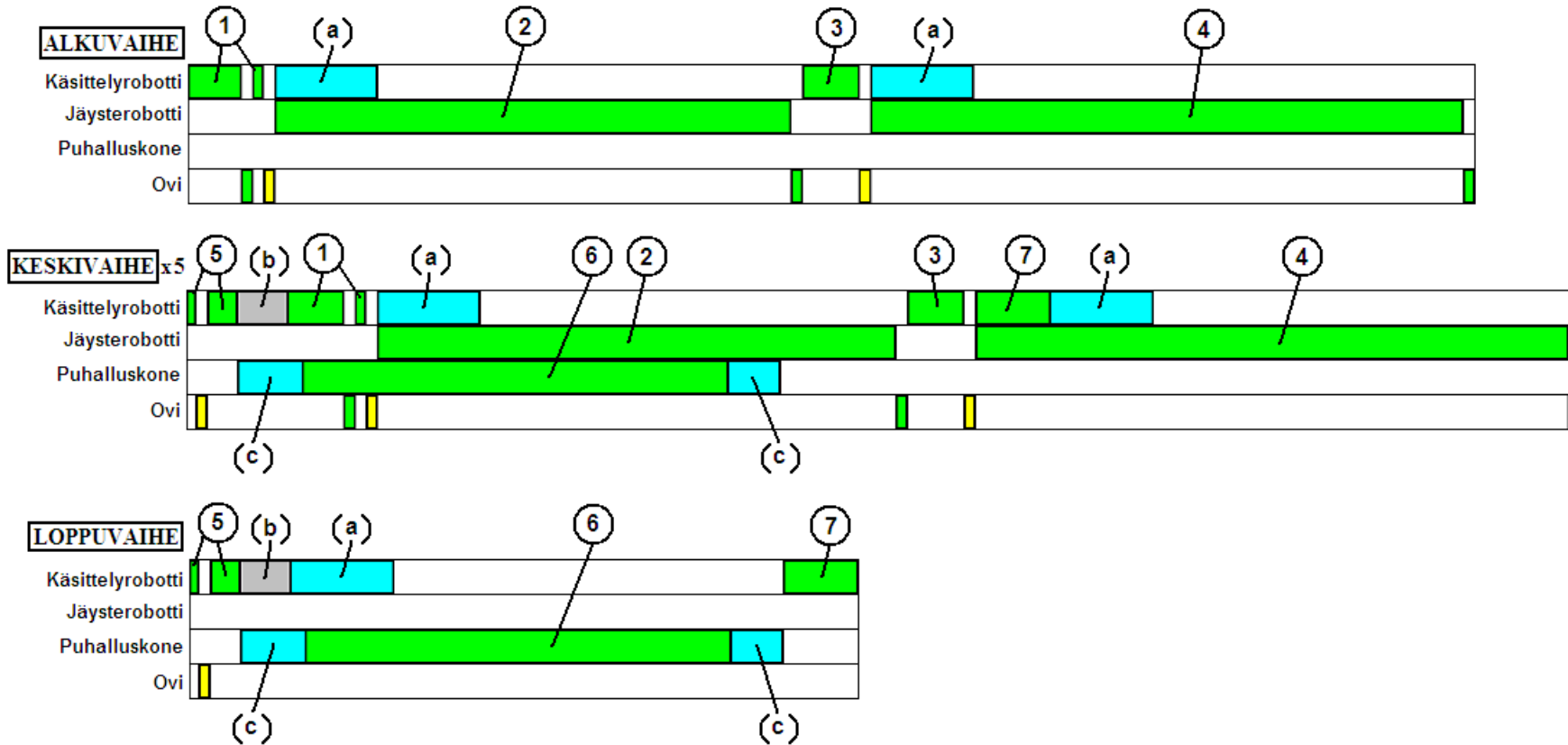
5.1.2 Varsi

Varsipaletissa suurin osa ajasta kuluu jäysteenpoiston suorittamiseen. Sen osuus on noin 73 % kokonaisajasta. Pitkä aika selittyy sillä, että varsiosassa on paljon jäystettäviä särmiä ja reikiä. Jäysteenpoisto ei myöskään onnistu kokonaan yhdessä asennossa, vaan varsi täytyy kerran kääntää, jotta joka paikkaan päästään käsiksi. Nykyinen jäysteenpoiston taso on hyvä, mutta ihan joka paikkaa ei tällä hetkellä saada solussa käsiteltyä. Tilanne on kuitenkin huomattavasti parempi kuin alaosien kohdalla.

Varsiosan jäystö tapahtuu symmetrisesti molemmille puolille siten että varsi käännetään puolivälissä toisin päin. Ainut poikkeus on jälkimmäisessä puoliskossa upotintyökalulla käsiteltävät liitinpinnalla olevat sokanreiät ja öljyreikä.

Varsiosan kuulapuhallus on huomattavasti nopeampi suorittaa kuin alaosissa, koska kappaleita on vain yksi. Kappaleista puhalletaan vain laakeripinta. Kuulapuhallus suoritetaan loppuvaihetta lukuun ottamatta yhtä aikaa jäysteenpoiston kanssa, joten sen vaikutus paletin läpäisy aikaan on pienempi. Kuulapuhallus onnistuu nykyisellään varsiosan kohdalla erittäin hyvin, laatu on hyvä ja tasainen.

Kuvassa 20 on kuvattu varsiosien työkierto robottisolussa. Varsiosien jäysteenpoiston vaiheet on kuvattu kuvassa 21.



1. Varsiosa paletista, asennon tarkistus, jäysterobotille (tarvitaan otteenvaihto)
2. Jäysteenpoisto 1/2
3. Varsiosan kääntö, takaisin jäysterobotille
4. Jäysteenpoisto 2/2
5. Jäystetty varsiosa kuulapuhalluskoneelle
6. Kuulapuhallus
7. Valmis varsiosa palettiin (otteenvaihto)

- a. Paletin ja kääntöaseman puhdistus*
b. Ohjelmien lähettämisestä aiheutuva viive
c. Puhalluskoneen rata sisään/ulos

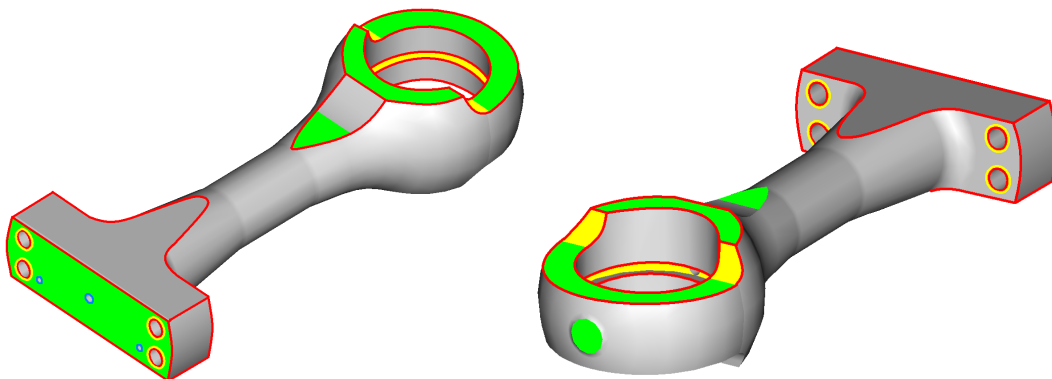
Kuva 20. Varsiosien työkierto, alkutilanne

Vaihe 1

Työkalu / Toimenpide	Kohde
Pöydän kääntö 90°	
Viila	Silmukan särmät
Pöydän kääntö 180°	
Viila	Toisen pään särmät
Viila	Pultinreiät (2 kpl, silmukan puoli)
Pöydän kääntö 90°	
Viila	Pultinreiät (2 kpl, liitinpinnan puoli)
Työkalun vaihto – Upotin	
Upotin	Sokanreiät ja öljyreikä
Työkalun vaihto – Hiomapaperi	(Lyhyt paperi)
Hiomapaperityökalu	Pultinreiät (4 kpl, molemmat puolet)
Hiomapaperityökalu	Paperin vaihto (pitkä)
Hiomapaperityökalu	Öljyura (yläreuna)
Hiomapaperityökalu	Silmukan pyöristykset R31.5
Hiomapaperityökalu	Paperinvaihto (lyhyt)
Työkalun vaihto - Tasoharja	
Tasoharja	Silmukan ylempi pinta
Tasoharja	Varren keskiosa
Tasoharja	Silmukan alempi pinta
(Valmis)	

Vaihe 2

Työkalun vaihto – Viila	
Pöydän kääntö 90°	
Viila	Silmukan särmät
Pöydän kääntö 180°	
Viila	Toisen pään särmät
Viila	Pultinreiät (2 kpl, silmukan puoli)
Pöydän kääntö 90°	
Viila	Pultinreiät (2 kpl, liitinpinnan puoli)
Työkalun vaihto – Hiomapaperi	(Lyhyt paperi)
Hiomapaperityökalu	Pultinreiät (4 kpl, molemmat puolet)
Hiomapaperityökalu	Paperin vaihto (pitkä)
Hiomapaperityökalu	Öljyura (alareuna)
Hiomapaperityökalu	Silmukan pyöristykset R31.5
Hiomapaperityökalu	Paperinvaihto (lyhyt)
Työkalun vaihto – Tasoharja	
Tasoharja	Silmukan ylempi pinta
Tasoharja	Varren keskiosa
Tasoharja	Silmukan alempi pinta
Tasoharja	Varren pää
Tasoharja	Liitintaso
(Valmis)	



Kuva 21. Varsiosan jäystö robotilla, alkutilanne

5.2 Robottisolun kapasiteetti

Solun teoreettinen maksimikapasiteetti alkutilanteessa on noin 12600 W32-kiertokankea vuodessa.

Robottisolun käytettävyys on vuoden alkupuolen aikana (1.1.2009 – 18.5.2009) ollut keskimäärin 89 %. Lisäksi viikonloppuihin kuluva aika voidaan vähentää, sillä robottisolu vaatii tehokkaasti toimiakseen jonkun lataamaan ja purkamaan rullarataa. Robotin rullaradalle mahtuu parhaassakin tapauksessa vain 5 palettia odottamaan käsittelyä. (12 kokonaista kiertokankea, maksimissaan n. 600 kpl/vuosi) Viikonloppujen osalta kapasiteettiin otetaan vain tämä määrä huomioon. Ylityöaikaa ei muilta osin lasketa mukaan.

Kun nämä seikat otetaan huomioon, voidaan arvioida, että robottisolun todellinen maksimikapasiteetti alkutilanteessa on noin 8600 W32-kiertokankea vuodessa.

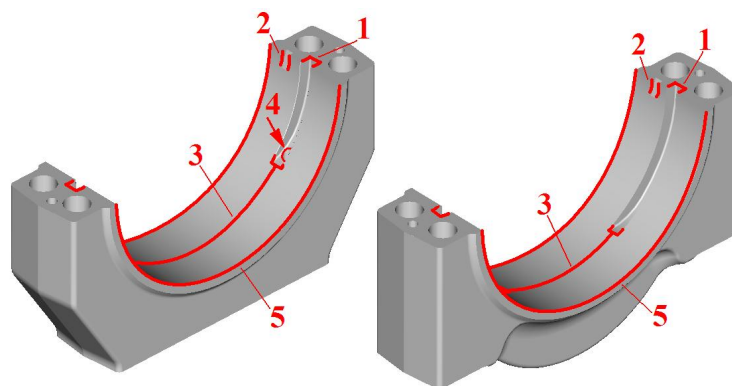
Tämäkin luku jää hieman alle vuoden tavoitteen, joka on n. 9000 kappaletta. Lisäksi tavoitteen mukaisen 5500:n W20-kiertokankien kuulapuhallus pitäisi saada sovitettua robottisolun hoidettavaksi. Nähdään helposti, ettei robottisolun kapasiteetti alkutilanteessa riitä tähän.

5.3 Ongelmakohdat

5.3.1 Alaosien jäysteenpoisto

Seuraavat kohdat jäävät robotilta jäystämättä (Kuva 22):

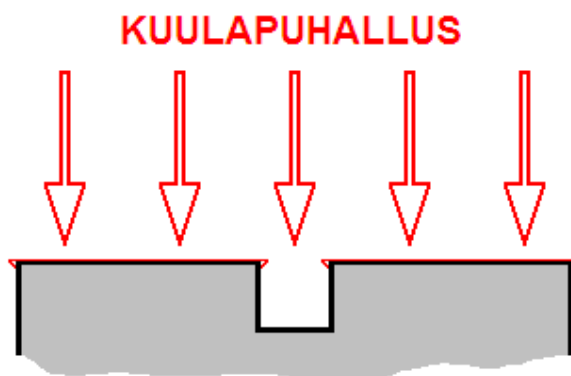
1. Öljyuran ja liitintason leikkaus. Koneviilalla paikan jäystäminen onnistuu, mutta ongelman aiheuttaa työkalun osuminen kahteen reunaan yhtä aikaa, jolloin se alkaa täristä voimakkaasti. Tämä aiheuttaa työkalun voimakasta kulumista, joten se on katsottu viisaammaksi jättää kokonaan pois.
2. Lukkouran ja laakeripinnan väliset särmät. Ongelmia aiheuttaa lukkouran pieni koko, uran paikan pienet vaihtelut, jäystepöydän paikoitustarkkuus sekä työhön liian iso työkalu (koneviila). Uran alkupää on käytännössä mahdoton jäystää luotettavasti nykyisillä työkaluilla. Lukkouran ja liitinpinnan väliset särmät jäystetään käsin ennen robottisolua koneistuksen yhteydessä.
3. Öljyuran pieni osuus ja sen alkupää isommassa urassa. Uran pieni koko ja koneviilan mahtuminen jäystämään sen alkupäätä aiheuttaa ongelmia.
4. Öljyreikä. Paikka on ahdas ja siinä on usein paksu jäyste. Robottisolussa ei ole työkalua, jolla öljyreian jäystäminen onnistuisi.
5. Laakeripinnan ulkoreunat. Koneviilatyökalu ei kovin helposti mahdu kappaleiden väliin jäystämään. Tämä ei kuitenkaan ole suuri ongelma.



Kuva 22. Alaosan jäystön puutteet, alkutilanne

Pahimpia paikkoja ovat kohdat 1 ja 4. Kohta 3 saataisiin luultavasti ajalla ja vaivannäöllä kuntoon myös nykyisillä työkaluilla, mutta tähän ei ole ryhdytty, sillä siitä ei saataisi suurta hyötyä ennen kuin isommat ongelmat on ratkaistu.

Ongelmana on myös kuulapuhalluksen nostama mikrojäyste puhallettujen pintojen reunoille. (Kuva 23) Erityisesti liitintason ja laakeripinnan väliseen särmään jää terävä reuna, koska molemmat pinnat puhalletaan. Kohdassa 5 on kyse ainoastaan tästä, ennen kuulapuhallusta jäystettä ei ole. Mikrojäysteet kääntyvät kuitenkin öljyuran ja lukkouran sisäpuolelle, jolloin niistä ei periaatteessa pitäisi olla haittaa. Nämä on tähän asti kuitenkin kaikki poistettu käsityönä robottisolun jälkeen, joka on käytännössä tehnyt turhaksi koko robotin tekemän jäysteenpoiston alaosien osalta.



Kuva 23. Periaatekuva kuulapuhalluksen aiheuttamasta mikrojäysteestä

Kuulapuhallusta ei myöskään voida suorittaa ennen jäysteenpoistoa. Puhalluksessa irtoavat isommat jäysteet ja roskat tukkivat ennen pitkää koneen ja aiheuttavat toimintahäiriöitä. Tästä on kokemuksia menneisyydestä, sillä ennen robottisolua nämä asiat tehtiin tässä järjestyksessä, ja kuulapuhalluskoneessa oli jatkuvasti häiriöitä. Tämän ongelman ratkaiseminen olisi iso harppaus kohti alaosien jäysteenpoiston täydellistä automatisointia.

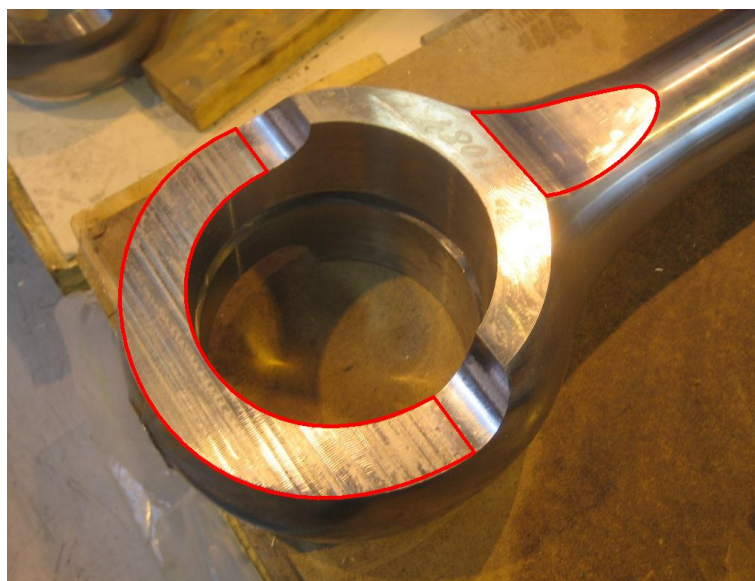
Harkittiin myös kappaleiden palauttamista vielä kuulapuhalluksen jälkeen takaisin jäysterobotille, mutta siihen kuluisi kohtuuttoman paljon aikaa, joten ajatus hylättiin.

5.3.2 Alaosien kuulapuhallus

Alaosien kuulapuhalluksen laadussa on ongelmia. Puhallusjälki on hyvä, mutta se jää usein vajaaksi liitintasojen kohdalta, jonka vuoksi puutteelliset kappaleet täytyy laittaa uudestaan kiertoon. Tästä seuraa paljon täysin turhaa työtä ja hukkaan heitettyä aikaa. Tämän lisäksi kuulapuhallus kestää liian kauan.

5.3.3 Varsiosien jäysteenpoisto

Varsiosien jäysteenpoistoon kuluu paljon aikaa, ja muutama paikka jää käsittelemättä. Varren silmukan tasossa ja kevennyksessä on epätasaisuuksia. (Kuva 24) Varren silmukka on kuormituksen kannalta kriittinen osa, eikä siinä saa olla vaakasuuntaisia pykäliä. Pinnankarheuden pitäisi olla näissä kohdissa piirustuksen mukaan kiertokangen pituussuunnassa vähintään $R_a 3,2$. Pinnat täytyy alkutilanteessa silottaa käsityökaluilla hiomalla.



Kuva 24. Varren silmukan epätasaiset pinnat

Epätasaisuudet johtuvat koneistuskiinnittimestä, jolla ei nykyisellä kappaleen asennolla ja työkalustuksella saada koneistuksessa parempaa pintaa aikaiseksi. Pintojen silottaminen käsin on erittäin aikaa vievä vaihe.

Jäysteenpoisto-ohjelma on rakennettu siten, että varren molemmat puolet käsitellään symmetrisesti, vaikka jotkin kohteet voitaisiin jäystää yhdessä asennossa, esim. pultinreiät. Tästä seuraa turhia työkalun/hiomapaperin vaihtoja joihin hukkuu aikaa. Lisäksi liitinpinnan puolen muutamia särmiä jäystetään turhaan kahdesti, kerran molemmissa asennoissa.

Tämän lisäksi jäysteenpoiston laatuun ei luoteta, sillä työntekijöillä ei ole riittävästi tietoa laatuvaatimuksista. Tästä seuraa se, että myös varsiosia jäystetään ja kiillotetaan turhaan käsin robottisolun jälkeen.

5.3.4 Käsittelyohjelman alku- ja loppuvaiheet

Sekä alaosa- että varsipaletin käsittelyohjelmassa alku- ja loppuvaiheet aiheuttavat pitkiä odotusaikoja. Molempien palettien työkierron alkuvaiheessa puhalluskone on toimettomana odottamassa jäysteenpoiston valmistumista. Vastaavasti loppuvaiheessa, kuulapuhalluskoneen puhaltaessa viimeisiä kappaleita, jäysterobotti on toimettomana.

5.3.5 Muita ongelmia

Robottisolun toiminnassa on pieniä turhia odotuksia, kuten jäysterobotin oven avaaminen ja sulkeminen, jolloin muuta ei tapahdu. Lisäksi eräät liikkeet sekä käsittely- että jäysteenpoistorobotilla ovat turhan verkkaisia.

Näiden asioiden merkitys koko solun toiminnan nopeuttamisen kannalta on pieni, mutta hyödyllistä korjata joka tapauksessa.

6 PROSESSIN KEHITTÄMINEN

6.1 Varsiosan jäysteenpoisto ja viimeistely

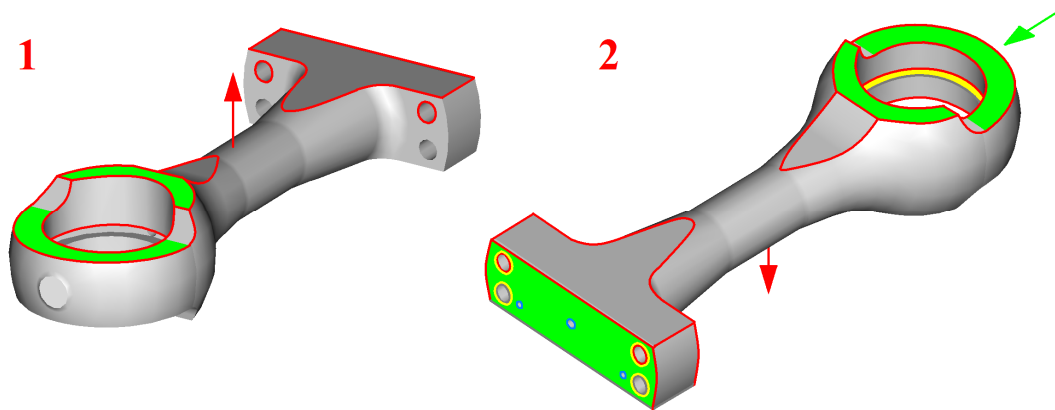
6.1.1 Jäysteenpoisto-ohjelman rakennemuutos

Varsiosan jäysteenpoisto suoritettiin edelleen kahdessa vaiheessa, sillä varren kääntö oli välttämätön. Jäysteenpoisto-ohjelmaa päätettiin muuttaa siten, että ensimmäisessä vaiheessa tehtäisiin mahdollisimman vähän ja toisessa vaiheessa mahdollisimman paljon. Lisäksi silmukan pyöristysten R31.5 hiominen paperityökalulla jätettiin tarpeettomana ja aikaa vievänä vaiheena kokonaan pois. Pyöristysten hiomisessa paperi pääsi myös irtoamaan melko usein, jolloin vaihe toistettiin, mikä aiheutti lisää viivästystä. Koska nyt paperityökalulla hiominen onnistui joka paikkaan yhdeltä puolelta, se suoritettiin kokonaisuudessaan toisessa vaiheessa. Tällöin saatiin myös yksi työkalun vaihto ja siihen liittyvät kaksi hiomapaperin vaihtoa vähennettyä ohjelmasta. Myös sokanreikien ja öljyreian käsittely upottimella siirrettiin ohjelman toiseen vaiheeseen sekä liitinpinnan puolen särmien osittainen kaksinkertainen viilaaminen poistettiin.

Jäysteohjelman liikkeet varsinaisen suoritettavan työn osalta olivat hyvin kunnossa, mutta useat tarpeettoman hitaat siirtymäliikkeet niiden välillä korjattiin nopeammiksi.

Kuvassa 25 on esitetty uuden jäystöohjelman vaiheet ja niihin kuluva aika.

	Työkalu	Kohde
Vaihe 1	Pöydän kääntö 90°	
	Viila	Silmukan särmät
	Pöydän kääntö 180°	
	Viila	Toisen pään särmät
	Viila	Pultinreiät (2 kpl, silmukan puoli)
	Pöydän kääntö 90°	
	Viila	Pultinreiät (2 kpl, liitinpinnan puoli)
	Työkalun vaihto - Tasoharja	
	Tasoharja	Silmukan ylempi pinta
	Tasoharja	Silmukan alempi pinta
Vaihe 2	(Valmis)	
	(Varren kääntö)	
	Työkalun vaihto - Viila	
	Pöydän kääntö 90°	
	Viila	Silmukan särmät
	Pöydän kääntö 180°	
	Viila	Toisen pään särmät
	Viila	Pultinreiät (2 kpl, silmukan puoli)
	Pöydän kääntö 90°	
	Viila	Pultinreiät (2kpl, liitinpinnan puoli)
	Työkalun vaihto - Hiomapaperi	(Lyhyt paperi)
	Hiomapaperityökalu	Pultinreiät (8 kpl, molemmat puolet)
	Hiomapaperityökalu	Paperin vaihto (pitkä)
	Hiomapaperityökalu	Öljyura (ylä- ja alareuna)
	Hiomapaperityökalu	Paperinvaihto (lyhyt)
	Työkalun vaihto - Upotin	
	Upotin	Sokanreiät ja öljyreikä
	Työkalun vaihto - Tasoharja	
	Tasoharja	Silmukan ylempi pinta
	Tasoharja	Silmukan alempi pinta
	Tasoharja	Varren pää
	Tasoharja	Liitintaso
	(Valmis)	



Kuva 25. Varsiosan jäystö, uusi ohjelma, vaiheet 1 ja 2

Ohjelmaan lisättiin myös laskuri, joka seuraa jäystettyjen varsiosien määrää samalla viilalla. Jotta vältettäisiin liian kuluneesta viilasta johtuneet puutteellisesti suoritettut jäysteenpoistot, ohjelma vaatii tietyn kappalemäärän jälkeen viilan vaihdon ennen kuin työ voi jatkua. Asiasta annetaan ennakkovaroitusta vilkkuvalla valolla 10 kappaletta ennen laskurin täyttymistä, jotta työntekijöille saadaan tieto välitettyä hyvissä ajoin ennen solun seisahtumista. Tällä pyritään välttämään solun turhalta seisonta-ajalta. Yhdellä koneviilalla jäystettäväksi kappalemääräksi asetettiin aluksi 80 kappaletta.

Uudella järjestelyllä jäysteenpoistoon kuluva aika lyheni yhteensä 4.02 minuuttia kappaletta kohden. (24.12 min/paletti) Jäysteenpoiston laatuun uudella ohjelmalla ei ollut käytännössä vaikutusta, se pysyi edelleen hyvänä.

Tämä ohjelmamuutos palveli myös silmukan pyörityksen R115 hiomista.

6.1.2 Silmukan kevennyksen (R115) hiominen käsittelyrobotilla

Silmukan kevennyksen (R115) hiominen tulisi saada hoidettua jo robottisolussa, jotta tavara olisi valmis robottisolun jälkeen. Työ olisi myös hyvä hoitaa vähentämättä robottisolun kapasiteettia, joka ei ollut riittävä projektin alkuvaiheessa. Tiedettiin, että toimenpide tulisi viemään aikaa, joten työn suorittaminen valmiiksi kuormitetulla jäysteenpoistorobotilla olisi hidastanut läpäisyä kohtuuttomasti. Sen sijaan käsittelyrobotti oli paljon toimeksiannattomana, joten työ katsottiin viisaammaksi suorittaa sillä. Kuvassa 26 on kuvattu varsiosan silmukan epätasaiset pinnat ennen jatkokäsittelyä.

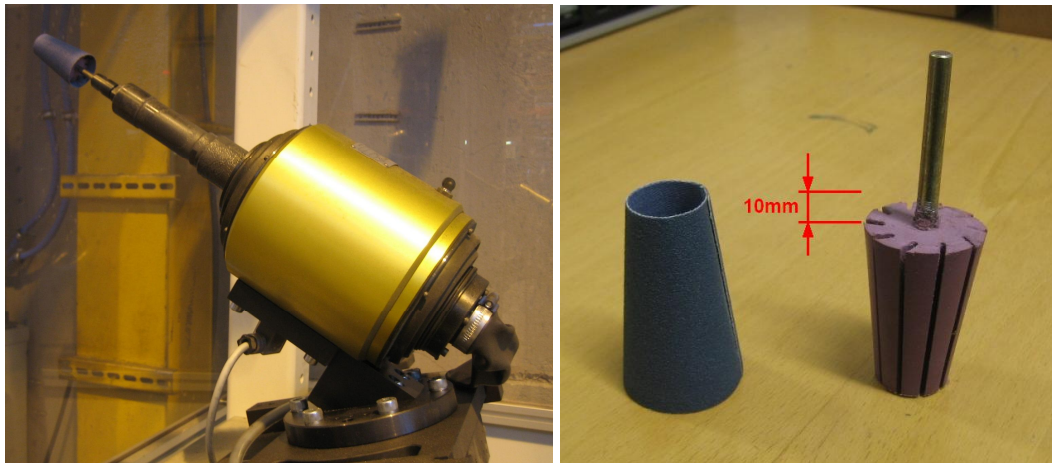


Kuva 26. Silmukan kevennys R115, käsittelemätön

Uusi jäystöohjelmarakenne (lyhyt-pitkä) tehtiin myös sen vuoksi, että käsittelyrobotille jäisi mahdollisimman paljon aikaa suorittaa silmukan kevennyksen hiominen sillä välin kun jäystöohjelman pitkä vaihe olisi samanaikaisesti käynnissä.

6.1.2.1 Uusi työkalu

Työtä varten hankittiin uusi työkalu, Amtru Flexicut 1000, jossa käytetään kumiseen kartion muotoiseen pitimeen kiinnitettäviä hiomapaperiholkkeja. (Kuva 27) Kartiomuoto mahdollistaa hiomarullien vaihtamisen helposti automaattisesti ja kumikartioita lyhennettiin 10 mm yläpäästä vaihtamisen helpottamiseksi. Kiertokangen materiaalin vaativuuden vuoksi tarvittiin automaattisesti vaihdettava hiomatyökalu, sillä arveltiin, että tuskin mikään hiomatyökalu kestää vaativaa työtä kovin pitkään.



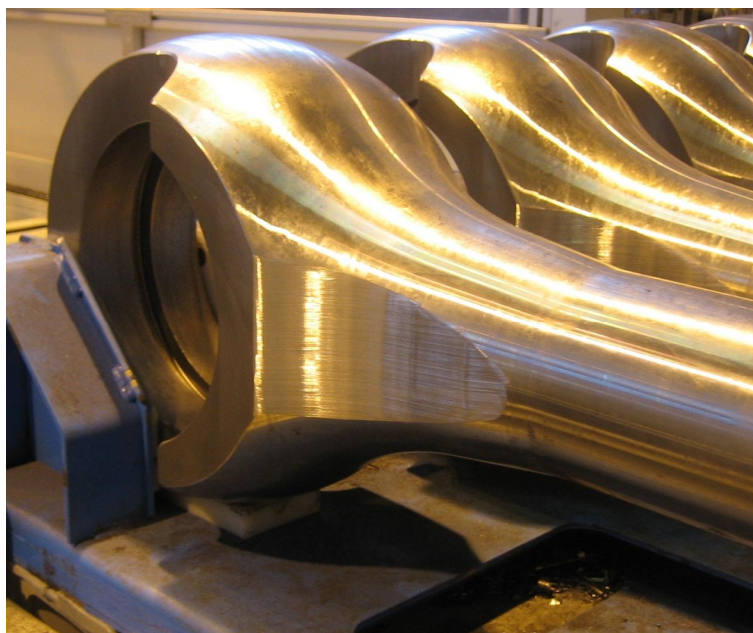
Kuva 27. Amtru Flexicut 1000, hiomarulla ja kumikartio

Sama työkalu on käytössä toisessa robottisolussa yrityksen sisällä, jossa sillä jäystetään runkolaakerin satuloita. Työ on melko eriluonteista, mutta katsottiin, että sillä voitaisiin selvittää myös tästä tehtävästä.

6.1.2.2 Työn suoritus

Hiominen päätettiin suorittaa varsien kääntöasemassa, sillä siinä on ympärillä riittävästi tilaa ja robotti ylettyy hyvin molemmille puolille varsiosaa.

Hiomarullaholkkeja kokeiltiin neljää eri karkeutta: 36, 50, 80 ja 120. Jo ensimmäisten testien aikana huomattiin, että holkkien muoto aiheutti ongelman niiden kiinnipysymisessä hiomisen aikana, mutta mitä karkeampi hiomarulla, sitä paremmin se pysyi kiinni. Karkeammilla hiomarullilla (36-80) ei kuitenkaan saatu aikaiseksi tarpeeksi hyvää pintaa. Hiomarullan karkeudeksi valittiin alun kiinnipysyvyysongelmista huolimatta 120, jolla hiomisjälki oli erinomainen. Kuvassa 28 on varsiosa hiomisen jälkeen.

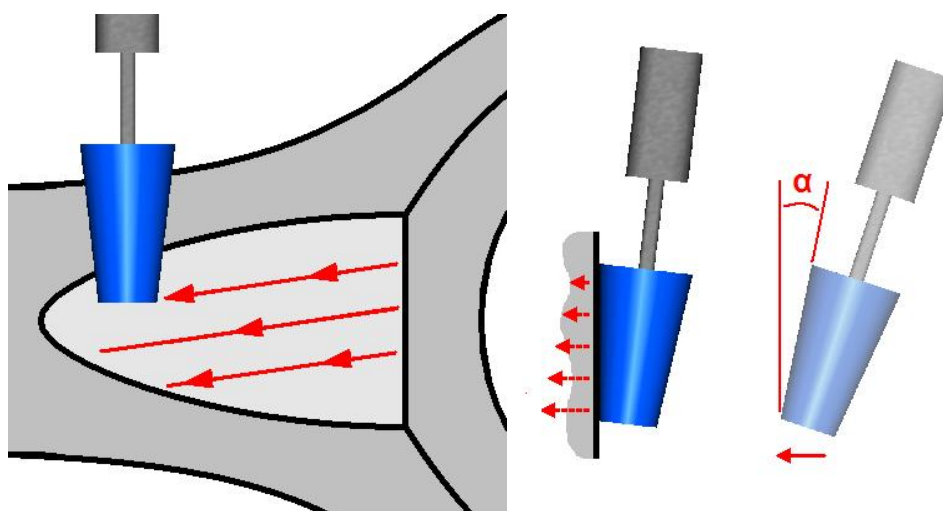


Kuva 28. Silmukan kevennys R115, hiottuna karkeudella 120

Hiomarullan irtoaminen kesken hiomisen johtaa siihen, että kumikartio menee käyttökelvottomaksi, jolloin se joudutaan vaihtamaan. Tätä ei pystytä suorittamaan automaattisesti vaan se joudutaan suorittamaan käsin. Tästä syystä on tärkeää, että hiomarulla saadaan pysymään luotettavasti kiinni hiomisen aikana.

Robotin hiomisohjelmaa säädettiin kiinnipysyvyyden parantamiseksi seuraavilla tavoilla (Kuva 29):

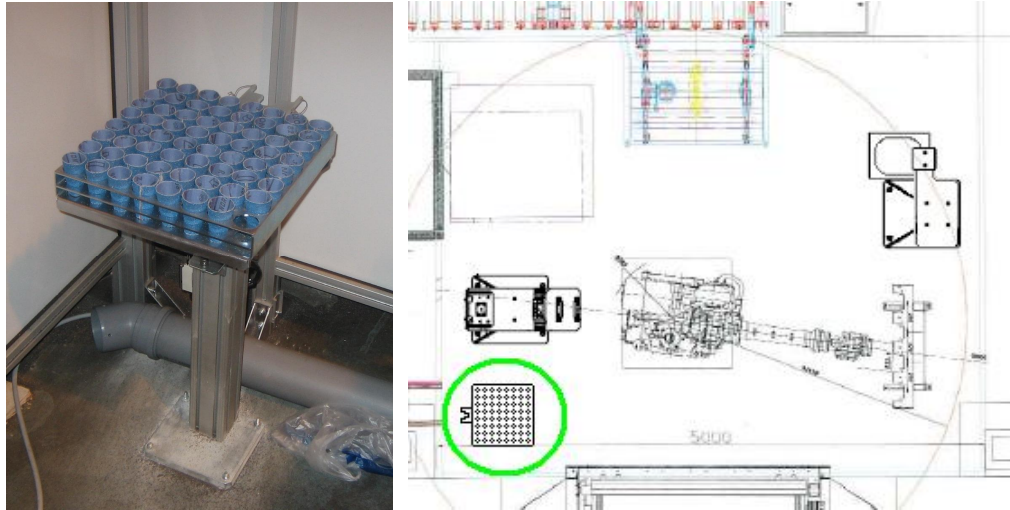
- rulla laitettiin liikkumaan hiomisen aikana loivassa kulmassa alaspäin, jolloin hiomarulla painettiin samanaikaisesti ylöspäin vasten kumikartiota
- rullan kulma hiomispintaan nähden asetettiin sellaiseksi, että rullan kovin pintapaine kohdistuu hiomarullan alaosaan.



Kuva 29. Hiomarullan kiinnipysyvyyden parantaminen

Rullan kiinnipysyvyys aiheutti aluksi suuria ongelmia, mutta edellisten toimenpiteiden avulla hiomarulla saatiin pysymään luotettavasti kiinni hiomisen aikana. Rullan kulmalla oli merkittävä vaikutus myös tehokkaasti hiottavaan pinta-alaan yhdellä pyyhkäisyllä. Mitä isompi kulma α sitä pienempi pinta-ala saatiin kerralla hiottua ja hiomarulla pysyi myös paremmin paikoillaan. Valmiiseen ohjelmaan haettiin kokeilemalla sopivat arvot ja kulmat ($10,5^\circ$ - 12° paikasta riippuen) siten, että kaikki hiomiseen käytettävissä oleva aika käytettiin, ja näin minimoitiin hiomarullan irtoamisen mahdollisuus. Ohjelma saatiin toteutetuksi siten, että R115:n hiominen tuli valmiiksi juuri ennen jäysteenpoistoa, jolloin se ei hidastanut koko solun työkiertoa lainkaan.

Hiomarullien vaihto suoritetaan tarkoitukseen suunnitellussa telineessä. (Kuva 30)
Telineessä on paikka 64 hiomarullalle. Hiomatyö kuluttaa rullaa niin paljon, että se joudutaan toistaiseksi vaihtamaan jokaisen varsiosan kohdalla, sillä kuluneella rullalla ei saada enää samalla ohjelmalla riittävän hyvää hiomajälkeä aikaiseksi.



Kuva 30. Hiomarullateline ja sen paikka robottisolussa

6.2 Alaosien jäysteenpoiston testit

Alaosien jäysteenpoiston parantamiseksi tehtiin testejä jo olemassa olevilla työkaluilla ja kahdella uudella. Ajan puutteen vuoksi täysin automaattista jäysteenpoistoa ei saatu valmiiksi asti, mutta testeillä ehdittiin tutkia hyvin sen mahdollisuuksia.

6.2.1 Kuulapuhalluksessa syntyvä mikrojäyste

Suurimman ongelman automaattisen jäysteenpoiston kannalta aiheuttaa kuulapuhalluksessa syntyvä mikrojäyste puhallettavien pintojen reunoille. Ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan parantamalla jäysteenpoistoa sekä kyseenalaistamalla kyseisen jäysteen toiminnallisia haittavaikutuksia. Liitinpinnan ja laakeripinnan väliseen reunaan jää terävä jäyste, joka jää laakeripinnalle ja on siis poistettava. Muu mikrojäyste tulee sellaiseen paikkaan, (öljyuran sisäpuolelle, laakeripinnan ulkopuolelle) ettei siitä välttämättä ole haittaa.

Joka tapauksessa jäysteenpoisto pyrittiin tekemään perusteellisesti, jotta mahdollisimman paljon mikrojäysteestä saataisiin pois.

6.2.2 Käsityökalutesti

Ajateltiin, että jos alaosien jäystettävät särmät pyöristettäisiin reilusti, se saattaisi ennalta ehkäistä kuulapuhalluksesta nousevaa mikrojäystettä. Asiaa päätettiin kokeilla siten, että jäystettiin yksi alaosapari perusteellisesti käsin pyöristämällä reunat ja kuulapuhallettiin normaalisti. Testin tulos oli hyvä, mikrojäystettä ei kappaleisiin tullut.

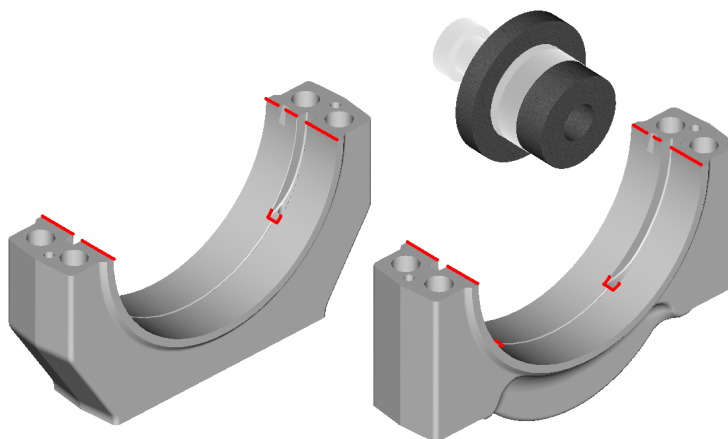
6.2.3 Uusi harjatyökalu

Robottisoluun hankittiin uusi harja jolla käsityökalutestin tuloksia yritettiin toistaa. Harjaksi valittiin keraaminen Weiler Burr-Rx -radiaaliharja. Olemassa olevan harjatyökalun pitimen pohjalta suunniteltiin uusi pidin, joka mahdollisti tasoharjan ja radiaaliharjan yhdistämisen yhdeksi työkaluksi. (Kuva 31) Uuden harjanpitimien piirustukset ovat liitteessä 1.



Kuva 31. Uusi harjatyökalu

Uutta harjatyökalua voidaan käyttää ainakin alaosan laakeripinnan ja liitintason leikkauskohdan sekä öljyuran kapean osan alkupään käsittelyssä. (Kuva 32)

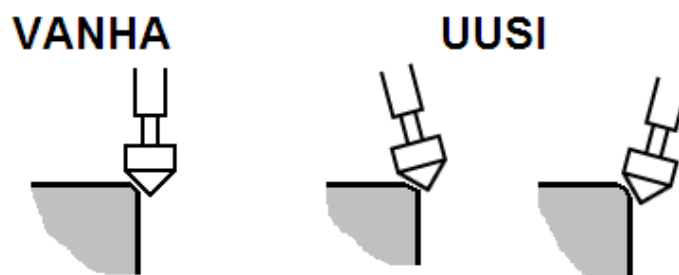


Kuva 32. Radiaaliharjalla käsiteltävät kohteet

Radiaaliharjalla saadaan pyöristettyä varsin hyvin jo koneviilalla käsitellyt kohdat, mutta liitintason ja laakeripinnan leikkaukseen jää kuitenkin vielä pieni mikrojäyste kuulapuhalluksen jälkeen. Lisäksi öljyuran leveän osan alapäähän jää jäyste siihen osaan, johon ei ole koneviilalla koskettu. Näihin ongelmiin päätettiin puuttua muuttamalla koneviilausta perusteellisemmaksi.

6.2.4 Muutokset koneviilaukseen

Alkuperäisessä jäysteenpoisto-ohjelmassa koneviilalla poistetaan jäysteet yhdellä 45° kulmassa tehdyllä pyyhkäisyllä. Koska alaosien jäysteenpoistoon on käytettävissä paljon aikaa pitkän kuulapuhallusajan vuoksi, päätettiin kokeilla tehdä kaksi pyyhkäisyä 30° ja 60° kulmissa. (Kuva 33)



Kuva 33. Koneviilauksen muutos

Tällä muutoksella liitintason ja laakeripinnan leikkaus pyöristyi paremmin harjauksessa, eikä siihen noussut mikrojäystettä kuulapuhalluksessa.

Koneviilausta saatiin muutettua siten, että öljyuran leveän osan jäystäminen aloitettiin mahdollisimman alareunasta. Tämän muutoksen (ja harjan) jälkeen öljyuran leveän osan alapää saatiin paremmaksi.

Koneviilalla kokeiltiin myös öljyuran kapean osan jäystämistä sekä lukkouran reunojen jäystämistä. Öljyuran jäystäminen onnistuu todennäköisesti ilman suurempia ongelmia ja lukkoura aivan uran alkupäätä lukuun ottamatta.

6.2.5 Työkalutesti tykyttävällä viilalla

Robottisoluun otettiin testiin tykyttävä viilatyökalu (Amtru Swingfile 4000), jota testattiin öljyuran ja liitintason välisten reunojen jäystämiseen. (Kuva 34) Työkalussa on säädettävä iskunpituus (1-5 mm) ja paineilmalla ohjattu jousto. Testeissä viilana käytettiin kuvasta poiketen poikkileikkaukseltaan soikean muotoista ja teräväkärkistä tarkkuusviilaa, jonka ajateltiin soveltuvan hyvin monenlaiseen työhön.



Kuva 34. Amtru Swingfile 4000 /3/

Työkaluyhdistelmä soveltui hyvin öljyuran reunojen jäystämiseen. Lisäksi työkalulla saatiin jäystettyä lukkouran alkupää pystyasennossa, jolloin se saadaan koneviilalla kokonaan valmiiksi.

Myös öljyreikä saatiin osittain käsiteltyä. Ahdas paikka rajoittaa tosin tämänkin työkalun mahdollisuuksia. Iso jäyste saatiin irtoamaan, mutta piirustuksessa vaadittavaa R1:stä ei saada tälläkään työkalulla aikaiseksi. Siitä on silti hyötyä, sillä se vähentää käsin tehtävän työn määrää öljyreiän osalta. Työkalu katsottiin sen verran hyödylliseksi, että se tullaan hankkimaan robottisoluun.

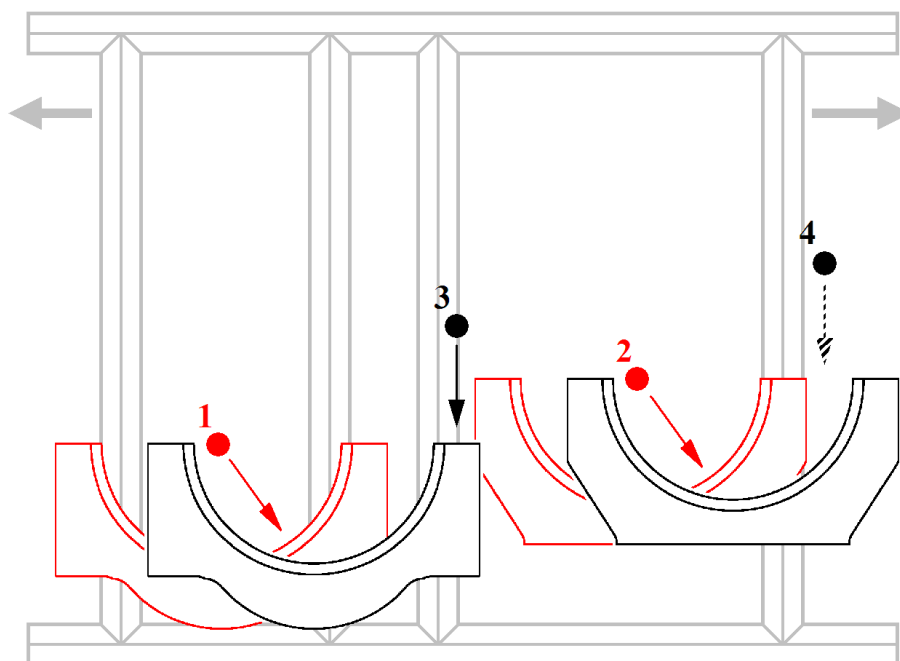
Uusilla työkalu- ja menetelmätesteillä saatiin robotilla aikaiseksi riittävän hyvä jäysteenpoiston taso, öljyreikää lukuun ottamatta. Näkymät ovat hyvät automaattisen jäysteenpoiston osalta myös alaosan kohdalla ja työtä jatketaan tulevaisuudessa sen toteuttamiseksi.

6.3 Alaosien kuulapuhallus

6.3.1 Puhallussuuttimien siirto

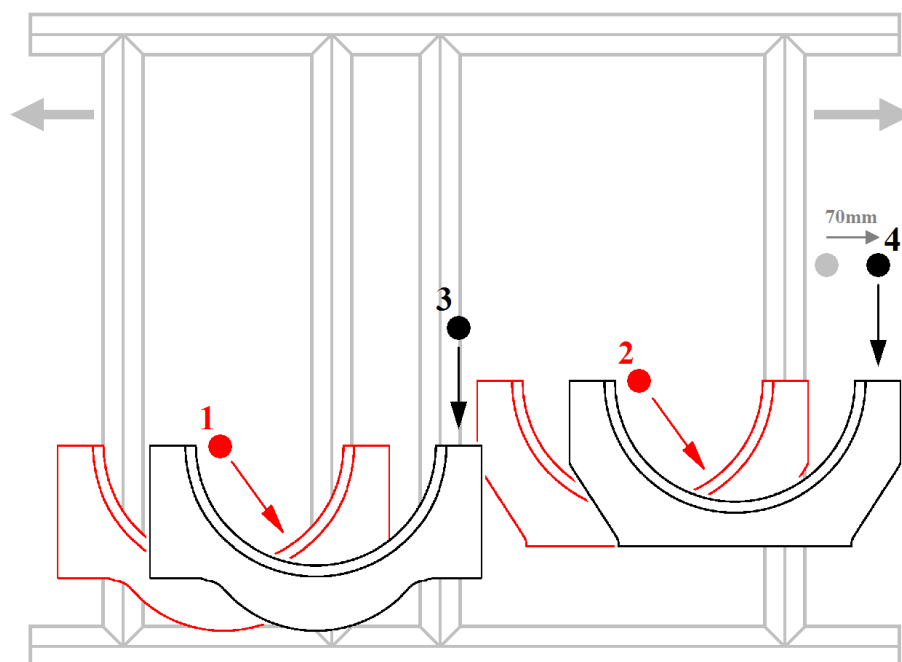
Alun perin alaosista kuulapuhallettiin vanhalla kuulapuhalluskoneella vain laakeripinnat. Myöhemmin alaosiin lisättiin myös liitintasojen kuulapuhallus, koska se oli mahdollista suorittaa uudella puhalluskoneella.

Liitintasojen kuulapuhallus onnistui uudella koneella, mutta puhaltamisessa pystyttiin käyttämään vain yhtä suutinta kerrallaan (suuttimet 3,4). Tästä syystä puhallus kesti todella kauan. Tämä johtui siitä, että puhalluskone oli alun perin suunniteltu puhaltamaan myös W46-kiertokankia, joita ei kuitenkaan kiertokankiverstaan tuotantoon koskaan tullut. Laakeripinnat pystyttiin puhaltamaan yhtä aikaa jo alkutilanteessa (suuttimet 1,2). Kuvassa 35 on kuvattu puhallussuuttimien paikat alkutilanteessa.



Kuva 35. Puhallussuuttimien paikat, alkutilanne

Kuulapuhalluskoneeseen tehtiin muutos puhalluksen nopeuttamiseksi. Suuttimien 4 paikkaa siirrettiin 70 mm siten, että liitintasoja pystyttiin puhaltamaan kaksi yhtä aikaa, jolloin puhallukseen kuluva aika lyheni merkittävästi. (Kuva 36)



Kuva 36. Suuttimien paikat siirron jälkeen

Kuulapuhallukseen kuluva aika väheni muutoksen ansiosta noin 33 %. Puhalluksen laatuongelmiin suuttimen siirto ei kuitenkaan vaikuttanut millään tavalla.

6.3.2 Ohjelmamuutos

Liitintasojen puhalluksen laatuongelmat johtuivat liian tiukasta ja/tai väärin asetetusta puhallusalueesta. Puhalluskoneen rullaradan epätarkka paikoitus edesauttoi tämän ongelman syntyä. Tästä johtui se, että liitintasot jäivät usein toisesta reunasta puhaltamatta, joko osittain tai kokonaan.

Asia korjattiin muuttamalla ohjelmaa siten, että puhallusalueen paikkaa tarkistettiin ja suurennettiin. Puhallukseen haluttiin hyvä varmuus ettei kappaleita tarvitsisi puhaltaa jatkossa enää uudestaan.

Puhallusalueen laajentaminen lisäsi luonnollisesti puhallukseen kuluvaan aikaan, mutta koska tällä toimenpiteellä pystyttiin varmistamaan hyvä ja tasainen laatu, se nähtiin välttämättömäksi suorittaa. Ohjelmamuutoksen jälkeen puhallukseen kuluva aika väheni siis noin 13 %.

6.4 Puskuriasema

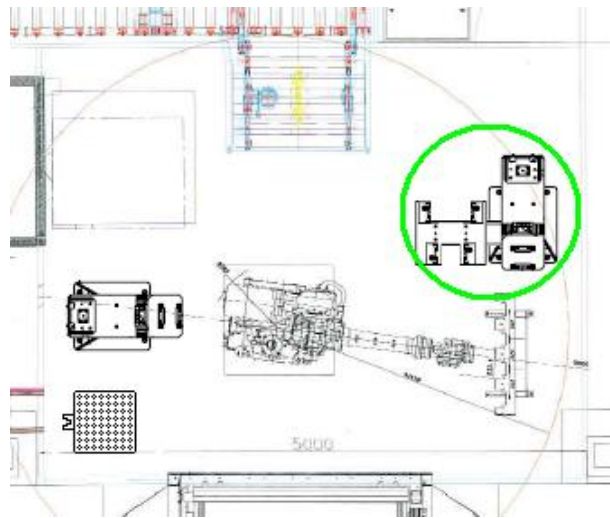
6.4.1 Rakenne ja sijoitus

Puskuriasemassa on paikka yhdelle varsiosalle ja yhdelle parille alaosia. Varsiosan teline tehtiin samanlaiseksi kuin varsien kääntöasemassa. Alaosien pöytä suunniteltiin aikaisemmin käytössä olleen alaosien kääntöaseman pohjalta. Pöytää kannatteleva poikkivarsi otettiin käyttöön tarpeettomana olevasta alaosien kääntöasemasta. (Kuva 37)



Kuva 37. Puskuriasema

Asema päätettiin sijoittaa vanhan tulpanpoistoaseman paikalle, sillä sen tolppa on samanlainen kuin kääntöasemassa. Tästä syystä puskuriasema oli luonnollista sijoittaa kyseiseen paikkaan. Kuvassa 38 on kuvattu puskuriaseman paikka robottisolussa.



Kuva 38. Puskuriaseman sijoitus

6.4.2 Vaikutus työkiertoihin

Puskuriasema päätettiin lisätä soluun, jotta voitiin poistaa alaosapaletin ja varsipaletin työkiertojen erilaiset alku-, keski- ja loppuvaiheet ja korvata ne yhdellä samanlaisella vaiheella, jota toistetaan.

TYÖKIERTO ENNEN, VARSIOSA JA ALAOSAT

- Alkuvaihe* 1. Ensimmäiset kappaleet jäystöön
- Keskivaihe* 2. Jäystetyt kappaleet kuulapuhallukseen
3. Uudet kappaleet jäystöön
4. Puhalletut kappaleet palettiin
- Loppuvaihe* 5. Viimeiset kappaleet kuulapuhallukseen
6. Viimeiset kappaleet palettiin
- Keskivaihe (2-4) toistetaan 3/5 kertaa (alaosa/varsia)*

TYÖKIERTO, PUSKURIASEMA

ALAOSAT (toistetaan 4 kertaa)

1. Kappaleet puskurista kuulapuhallukseen
2. Kappaleet paletista jäysteenpoistoon
3. Kappaleet jäyöstä puskuriiin
4. Kappaleet puhalluksesta palettiin

VARSIOSA (toistetaan 6 kertaa)

1. Kappale puskurista kuulapuhallukseen*
2. Kappale paletista jäystöön
3. Kappale puhalluksesta hiontaan
4. Kappale hionnasta palettiin
5. Kappale jäyöstä kuulapuhallukseen / puskuriiin**

** vain ensimmäisessä työkerrossa ** vain viimeisessä työkerrossa*

Varsiosan kohdalla on uudessakin ohjelmassa pieni ero paletin ensimmäisessä ja viimeisessä työkierrossa, mutta rakenne on periaatteessa sama. Tämä johtuu siitä, ettei kappaleita kierrätetä puskuriaseman kautta paletin keskivaiheilla, koska jäysteenpoisto on pisin työvaihe ja puhalluskone odottaa. Tästä syystä valmiiksi jäystetyt varret siirretään suoraan kuulapuhallukseen. Lisäksi viimeisessä työkierrossa valmis täysi paletti vaihdetaan, vaikka yksi varsiosa on vielä jäysteenpoistossa. Tämä on mahdollista tehdä, sillä jäystetty varsi siirretään valmistuttuaan puskuriasemaan. Tällä toimenpiteellä säästetään paletin vaihtamiseen kuluva aika.

Alaosien kohdalla jäysteenpoisto valmistuu hyvissä ajoin ennen kuulapuhalluksen valmistumista, jolloin on hyvin aikaa siirtää kappaleet puskuriasemaan odottamaan puhalluksen valmistumista.

Puskuriaseman hyöty tulee siitä, että päästään turhista odotusajoista eroon työkiertojen alku- ja loppuvaiheessa. Alkutilanteessa puhalluskone joutui odottelemaan palettien alkuvaiheessa ja jäysterobotti loppuvaiheessa, mutta puskuriaseman myötä kaikki solun laitteet saadaan toimimaan paremmin yhtäaikaaisesti paletin alusta loppuun. Enää ei puhalluskoneen tarvitse odottaa työkierron alussa jäysteenpoiston valmistumista, sillä sinne toimitetaan heti työkierron aluksi edellisen paletin viimeinen varsiosa/alaosa puskuriasemasta. Myös jäysterobotin odottelu työkiertojen lopusta poistuu, sillä jäysteenpoiston jälkeen paletin viimeinen kappale viedään puskuriin ja sen kuulapuhallus siirretään tehtäväksi seuraavan paletin alussa.

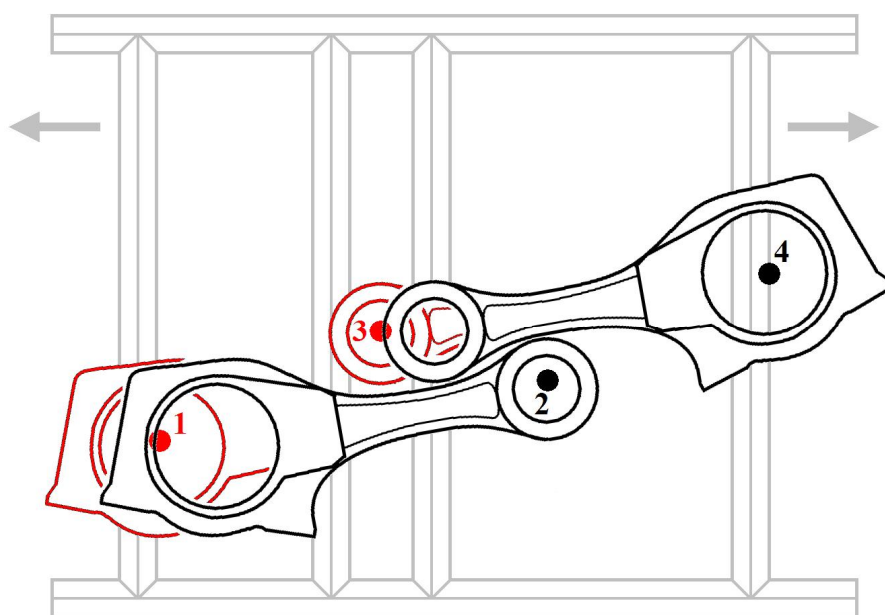
Läpäisy aika lyhentyi puskuriaseman ansiosta merkittävästi sekä varsiosan että alaosien kohdalla. Haittapuolena puskuriasemassa on ylimääräinen yhden kiertokangen välivarastointi, mutta ajallisena säästönä saatu hyöty katsottiin selvästi suuremmaksi.

6.5 W20-kiertokangen kuulapuhallus

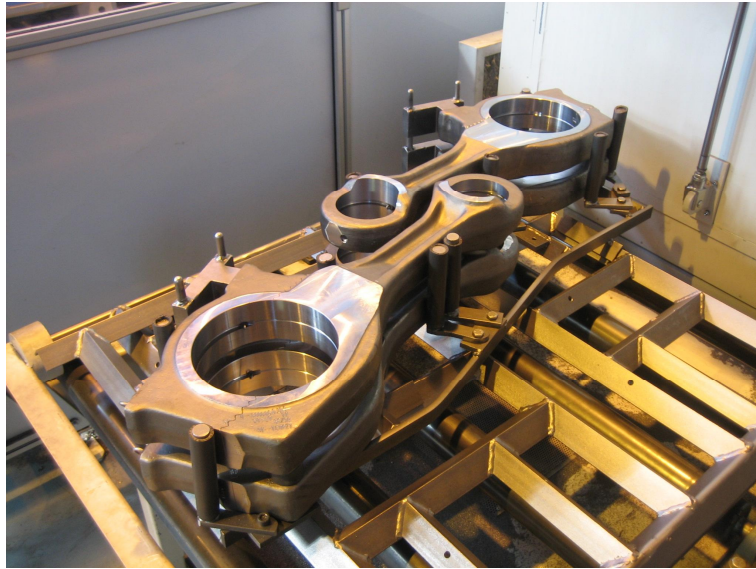
Tulevaisuudessa myös W20-kiertokangen jälkitöiden automatisoinnin mahdollisuuksia aiotaan tutkia. On kuitenkin selvää, että tämän toteutuminen vaatisi suuria investointeja (paletit, työkalut, yms.) ja muutoksia robottisolun sekä paljon aikaa, joten sitä ei käsitellä tämän projektin puitteissa. Sen sijaan otetaan aluksi käyttöön W20-kiertokankien kuulapuhallus robottisolun puhalluskoneella puoliautomaattisesti, sillä vanha kuulapuhalluskone on poistumassa käytöstä, eikä sen toteutus vaadi suuria muutoksia.

Ajatuksena oli suorittaa W20-kiertokankien kuulapuhallus siten, että se olisi mahdollista vaikka robottisolussa olisi työkierto käynnissä mutta siten, että se häiritsisi solun toimintaa mahdollisimman vähän.

W20-kiertokankien kuulapuhalluspalettiin saadaan 4 kiertokankea kerralla, kaksi päällekkäin. Puhalluspaletti suunniteltiin siten, että kiertokangista saadaan puhallettua kaksi reikää yhtäaikaaisesti (Suuttimet 1,3 ja 2,4). Kuvissa 39 ja 40 on kuvattu W20-kiertokankien sijoitus puhalluspaletille.



Kuva 39. W20-kiertokankien kuulapuhallus



Kuva 40. W20-kiertokankien kuulapuhalluspaletti

W20-kiertokankien syöttäminen kuulapuhalluskoneeseen suoritetaan koneen manuaalipuolelta. Järjestelmä ohjelmoitiin siten, että kiertokanget nostetaan paletille ja kuitataan napista. Tällöin kuulapuhalluskone odottaa sopivaa hetkeä ottaa kiertokanget sisään ja aloittaa puhalluksen. Puhalluksen tultua valmiiksi kiertokanget tulevat ulos ja robottisolu jatkaa automaattisesti toimintaansa.

6.6 Muita parannuksia

Projektin alkutilanteessa varsiosien tarttujan leuat oli tehty messingistä, ettei tartuttaviin osiin tulisi naarmuja tai jälkiä. Kuulapuhalluksessa käytettävät kuulat, joita kulkeutui myös leukojen väliin, muuttivat tämän asian. Kovat kuulat upposivat ja jäivät kiinni pehmeisiin leukoihin ja siitä seurasi, että jälkiä oli lähes jokaisessa käsiteltävässä kappaleessa.

Tähän ongelmaan puututtiin vaihtamalla tilalle karkaistusta teräksestä tehdyt leuat. Leukojen tartuntatapa on sellainen, ettei leuoista jää jälkiä kovasta materiaalista huolimatta, eivätkä kuulat tartu niihin niin helposti. Lisäksi lisättiin työkiertoihin puhdistusohjelma, jossa käsittelyrobotti käy puhdistamassa kääntöasemaa, palettia ja puskuriasemaa sekä varsiosien ohjelmassa tarttujan leuat. Tämä puhdistuskierto ajetaan silloin kun käsittelyrobotti odottaa kuulapuhalluksen ja jäysteenpoiston valmistumista ja on siis muuten toimeettomana.

Myös rullarataan tehtiin pieni parannus. Käytettävyyttä parannettiin lisäämällä rataa mahdollisuus ajaa robotille menevää rataa painonapista taaksepäin radan alkupäästä, mikä ei aikaisemmin ollut mahdollista. Tämä helpotti radalla jo olevien palettien uudelleenjärjestystä. Tällainen tilanne voi syntyä äkillisen tarpeen tai häiriötilanteiden vuoksi.

6.7 Ohjeiden laatiminen

Välisolun määräaikaikaiset työntekijät eivät ole saaneet koulutusta robottisolun käyttöön, eikä sellaista tulla ilmeisesti järjestämään lähiaikoina. Tästä johtuen laadittiin ohjeita yleisimpiin roboteille tehtäviin toimenpiteisiin kuten hälytystilanteiden purkuun ja huolto/ylläpitotoimenpiteisiin, solun mahdollisimman jatkuvan toimimisen varmistamiseksi (liite 2).

Menneisyydessä on käynyt usein niin, että robottisolu on seisonut pitkiä aikoja ilta- ja/tai yövuorossa sen takia, ettei kukaan työntekijöistä ole osannut purkaa hälytystilaa puutteellisen koulutuksen vuoksi.

7 PROJEKTIN TULOKSET

7.1 Alaosa

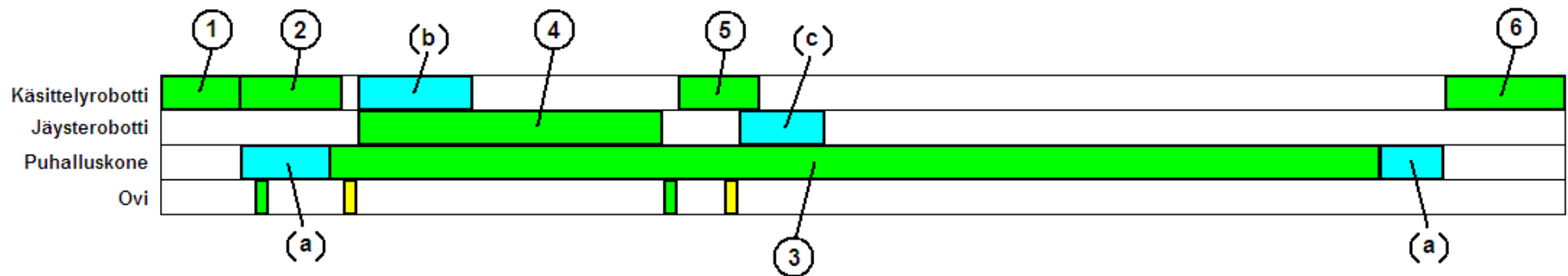
Projektin alkutilanteessa alaosien työkierrossa oli ongelmia oikeastaan joka osa-alueella. Kuulapuhallus oli hidas ja laatu epätasainen, kappaleiden käsittelyssä oli pitkiä odotusaikoja ja jäysteenpoiston taso oli puutteellinen.

Alaosien työkiertoa saatiin nopeutettua sekä kuulapuhalluskoneen suuttimen siirrolla että puskuriaseman avulla. Pientä säästöä saatiin myös käsittelyliikkeiden korjailuilla. Projektin päätteeksi alaosien kohdalla läpäisy aika lyheni noin 17 %.

Kuulapuhalluksen laatu saatiin myös varmaksi ja tasaiseksi, eikä alaosia tarvitse käytännössä juuri koskaan kuulapuhaltaa uudestaan.

Alaosien jäysteenpoisto-ohjelman parantamiseen tähtäävät testit onnistuivat hyvin, mutta siihen ei projektin puitteissa ehditty tehdä vielä varsinaisia muutoksia, ainoastaan jäysteohjelman lopussa tapahtuva työkalun vaihto siirrettiin tehtäväksi sen jälkeen kun kappaleet on viety pois jäysterobotilta.

Kuvassa 41 on esitetty alaosaletin uusi työkierto.



1. Jäystetyt kappaleet puskurista kuulapuhallukseen
2. Kappaleet paletista jäysterobotille
3. Kuulapuhallus
4. Jäysteenpoisto
5. Jäystetyt kappaleet puskuriin
6. Puhalletut kappaleet palettiin

- a. Puhalluskoneen rata sisään/ulos*
b. Paletin ja kääntöaseman puhdistus
c. Työkalun vaihto ja jäystepöydän puhdistus

Kuva 41. Alaosien uusi työkierto

7.2 Varsi

Varsiosan työkierto oli jo alkutilanteessa huomattavasti paremmalla tasolla kuin alaosan. Kuulapuhalluksen laatu oli hyvä ja tarpeeksi nopea, joten siihen ei tarvinnut tehdä muutoksia. Jäysteenpoiston laatu oli myös hyvä, mutta jäysteenpoisto kesti kauan. Kappaleista jäi kuitenkin vielä varren silmukan tasot ja kevennys hiomatta. Lisäksi käsittelyohjelmassa oli paljon odotusaikoja, aivan kuten alaosienkin kohdalla.

Varsiosien työkiertoa saatiin nopeutettua muuttamalla jäysteenpoisto-ohjelman rakenne ja puskuriaseman mahdollistaman työkierron muutoksella. Myös käsittelyohjelman viilailulla saatiin pientä parannusta aikaiseksi. Varsipaletin läpäisy aika lyhentyi noin 29 %.

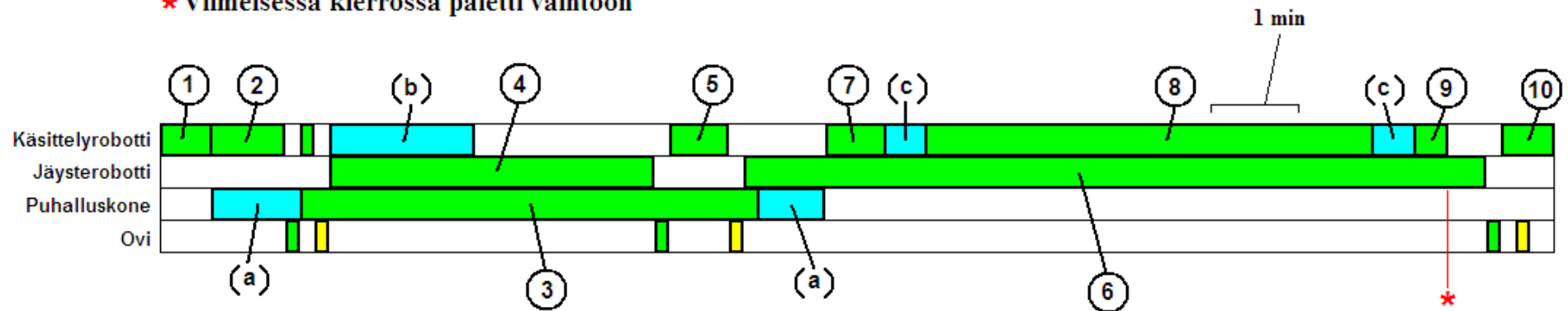
Varren silmukan kevennyksen R115 hionta saatiin toteutetuksi hyvälaatuisesti ja solun muuta toimintaa hidastamatta. Silmukan muille epätasaisille tasoille ei projektin puitteissa tehty mitään, koska asia korjataan tulevaisuudessa uudella koneistuskiinnittimellä.

Kuvassa 42 on esitetty varsipaletin uusi työkierto.

Ensimmäinen vaihe (1-10)

Muut vaiheet (x5) (2-10)

* Viimeisessä kierrossa paletti vaihtoon



1. Jäystetty varsiosa puskurista kuulapuhalluskoneelle
2. Varsiosa paletista jäysterobotille
3. Kuulapuhallus
4. Jäysteenpoisto 1/2 (lyhyt)
5. Varsiosan kääntö, takaisin jäysterobotille
6. Jäysteenpoisto 2/2 (pitkä)
7. Puhallettu varsi kääntöasemaan
8. Silmukan kevennyksen hionta
9. Valmis varsiosa palettiin
10. Jäystetty varsiosa kuulapuhalluskoneelle (*Viimeisessä kierrossa puskuriin)

- a. Puhalluskoneen rata sisään/ulos
- b. Paletin, kääntöaseman ja tarttujan puhdistus
- c. Työkalun vaihto, tarttuja-hiomatyökalu

Kuva 42. Varsiosien uusi työkierto

7.3 W20-kiertokanki

W20-kiertokanget otettiin käsiteltäväksi robottisolussa kuulapuhalluksen osalta. 4 kappaletta kerrallaan nostetaan puhalluspaletille manuaalisesti ja puhallus käynnistetään painonapista. Tällöin puhalluskone odottaa sopivaa hetkeä (muuta puhallusta ei ole käynnissä) ja ajaa kappaleet koneen sisään automaattisesti, kuulapuhalttaa ne ja ajaa kappaleet takaisin ulos. Kuulapuhalluksen laatu W20-kiertokankien osalta on hyvä ja tasainen.

Kuulapuhalluksen aikana robottisolu jatkaa toimintaansa normaalisti kunnes muita kappaleita pitäisi kuulapuhalttaa. Tällöin robottisolu odottaa ja W20-kiertokankien puhalluksen valmistuttua jatkaa toimintaansa.

On vaikeaa arvioida kuinka paljon W20-kiertokankien kuulapuhallus hidastaa todellisuudessa robottisolun toimintaa, sillä viiveen määrä riippuu puhalluksen käynnistysajankohdasta. Pahimmassa tapauksessa (juuri ennen kuin robottisolussa oleva kappale on tulossa puhallukseen) viive voi olla lähes koko W20-puhalluksen kesto. Kapasiteetilaskuissa oletetaan kuitenkin, että huonoin mahdollinen tapaus toteutuu joka kerta.

7.4 Robottisolun kapasiteetti

Kokonaisen W32-kiertokangen läpäisy aika lyheni yhteensä noin 23 %, mikä tarkoittaa robottisolun kapasiteetin kasvua n. 30 %:lla. Nykyisellä kapasiteetilla robottisolu pystyisi teoreettisesti maksimissaan käsittelemään vuodessa noin 16400 W32-kiertokankea, jos toiminnassa ei olisi minkäänlaisia taukoja, eikä W20-kiertokankien kuulapuhalluksesta aiheutuvaa viivettä otettaisi huomioon.

Vuoden tuotannon tavoitteet olivat 9000 W32- ja 5500 W20-kiertokankea, joten solun maksimikapasiteettia arvioidaan samassa suhteessa: yhtä kappaletta W32-kiertokankia kohti tehdään $5500/9000 = 0,61$ kappaletta W20-kiertokankia. W32-kiertokangen käsittelyyn kuluva ajassa täytyy ottaa huomioon robottisolun käytettävyyden (n. 89 % vuoden 2009 alun aikana). Yhden W20-kiertokangen kuulapuhallukseen aiheuttama viive lasketaan mukaan täysimääräisenä. Kun vielä viikonloput vähennetään koko vuodessa käytettävissä olevasta ajasta, saadaan kapasiteetiksi noin 9660 W32-kiertokankea.

Tämä määrä tarkoittaa käytetyssä suhteessa n. 5900 W20-kiertokankea. ($9660 \cdot 0,61 = 5900$) Näihin lukuihin voidaan lisätä vielä 600 kappaletta W32-kiertokankea, jotka saadaan viikonloppuisin tehdyksi automaattisesti ilman ylitöitä, jolloin pystyttäisiin prosessin nykytilassa käsittelemään n. 10200 W32-kiertokankea ja 5900 W20-kiertokankea. Tällä kapasiteetilla pystytään vastaamaan vuoden tarpeisiin.

8 PARANNUKSIA TULEVAISUUDESSA

8.1 Alaosa

Alaosien jäysteenpoisto-ohjelman kehittämistä ja testaamista jatketaan projektin jälkeen. Uusien työkalujen avulla näyttää siltä, että jäysteenpoisto pystytään toteuttamaan melkein kokonaan automaattisesti. Ainoastaan öljyreikä täytyisi vielä viimeistellä käsitöinä, ellei työhön löydetä robotille sopivaa työkalua. Jatkossa tutkitaan mahdollisuuksia käsitellä öljyreikäkin automaattisesti. Työkierrossa on pitkän kuulapuhallusajan vuoksi myös hyvin aikaa paremman jäysteenpoiston toteuttamiseen.

Alaosien kuulapuhallus suoritetaan nykyisellään ehkä liiankin suurella varmuudella nopeuden kustannuksella. Rullaradan paikoitusta voitaisiin parantaa esimerkiksi anturoinnilla, jolloin puhallusaluetta saataisiin tarkemmaksi (pienemmäksi) ja puhallusohjelmaa optimoitua sitä kautta nopeammaksi. Ohjelman nopeuttaminen vaatisi aikaa ja testaamista, mutta se luultavasti onnistuisi. Puhallusta ei kuitenkaan luultavasti saataisi näillä keinoilla kovin paljon nopeammaksi, mutta alaosien kohdalla kuulapuhalluksessa säästettävä aika olisi suoraan pois koko paletin työkiertoon kuluvasta ajasta.

8.2 Varsiosa

Varsiosille on tulossa uusi koneistuskiinnitin, joka mahdollistaa varren silmukan tasojen koneistamisen tasaisiksi tasojyrsimellä. Tämän jälkeen varteen ei jää enää epätasaisia pintoja, joita pitäisi hioa käsityökaluilla. Uudella kiinnittimellä on jo ajettu testejä ja se otettaneen käyttöön lähitulevaisuudessa.

Varren silmukan kevennyksen R115 hiomista voidaan vielä kehittää. Prosessin nykyisessä tilassa hiomisrulla vaihdetaan jokaisen käsitellyn kappaleen jälkeen, sillä kuluneella rullalla hiomisjälki ei ole enää hyvä. Hiominen suoritetaan varsin perusteellisesti laadun varmistamiseksi, jolloin hiomisrullaa kulutetaan ehkä turhankin paljon. Hiomisohjelmaa voitaisiin ehkä optimoida rullan kulumisen vähentämiseksi jotta vaihtoväliä saataisiin mahdollisesti pidemmäksi.

Silmukan kevennyksen hiomisessa syntyy myös paljon pölyä ja roskaa. Pöly saattaa jossain vaiheessa aiheuttaa ongelmia, joten kääntöaseman ympärille on tulevaisuudessa tarkoitus asentaa samantapaiset roskaa keräävät kaulukset kuin jäysterobotin pöydän ympärillä. Tämä vähentäisi myös viikoittain tehtävän siivouksen määrää robottisolussa.

8.3 W20-kiertokanki

Tulevaisuudessa halutaan myös W20-kiertokankien jäysteenpoisto hoitaa automaattisesti robottisolussa.

W20-kiertokanki on luultavasti vaikeampi kappale kuin W32-kiertokanki jäystää automaattisesti, esimerkiksi pienemmän kokonsa ja siinä olevan hammastuksen vuoksi. On todennäköistä, ettei robottisolun nykyisillä (eikä tulevillakaan) työkaluilla ole mahdollista suorittaa kyseistä työtä kokonaan alusta loppuun. On myös haaste löytää robottisolusta kapasiteettia W20-kiertokankien jäysteenpoistoon. Automaattisen jäysteenpoiston mahdollisuuksia aiotaan kuitenkin jatkossa tutkia.

LÄHDELUETTELO

/1/ Amtru Business AG kotisivu, robottityökaluvalmistaja. [viitattu 18.5.2009]

Saatavilla www-muodossa: <URL:<http://www.amtru.com>>

/2/ Teknologiateollisuus (Metalli) 2006. Tulosta ja palkkaa, näkökohtia teknologiateollisuuden palkkaustavoista ja niitä täydentävistä tulos- ja voittopalkkioista. Päivitetty 23.1.2007 [viitattu 16.3.2009]. Saatavilla www-muodossa:

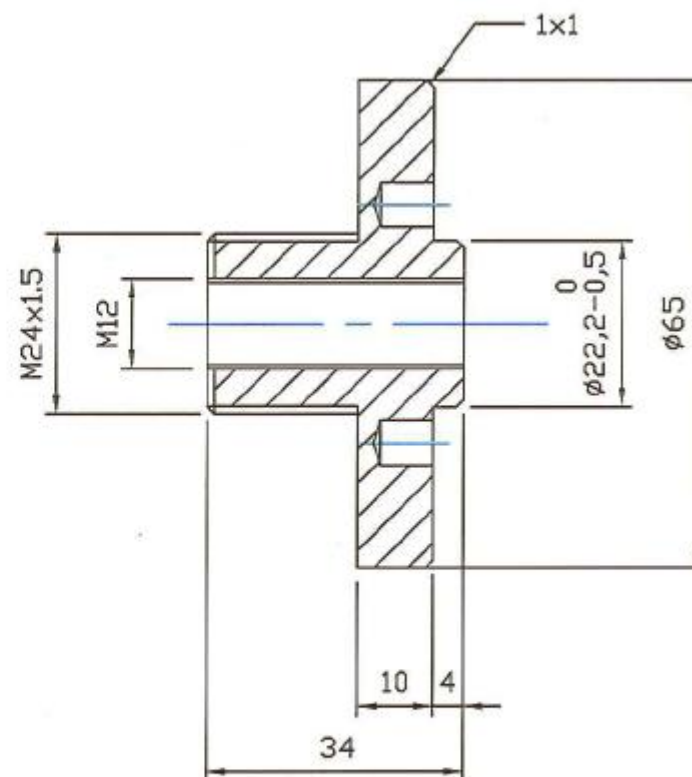
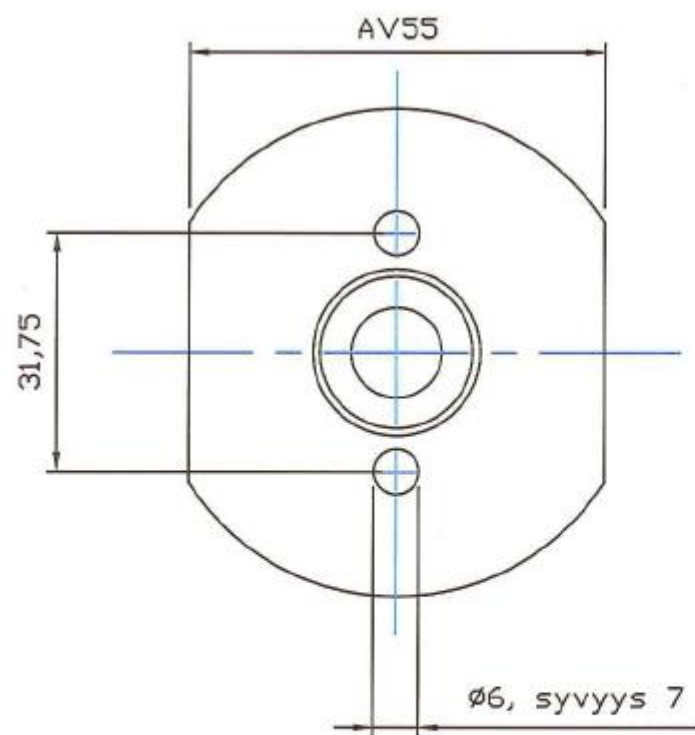
<URL:http://www.teknologiateollisuus.fi/file/1568/Tulosta_ja_palkkaa.pdf.html>

/3/ Wärtsilä Finland Oy Intranet

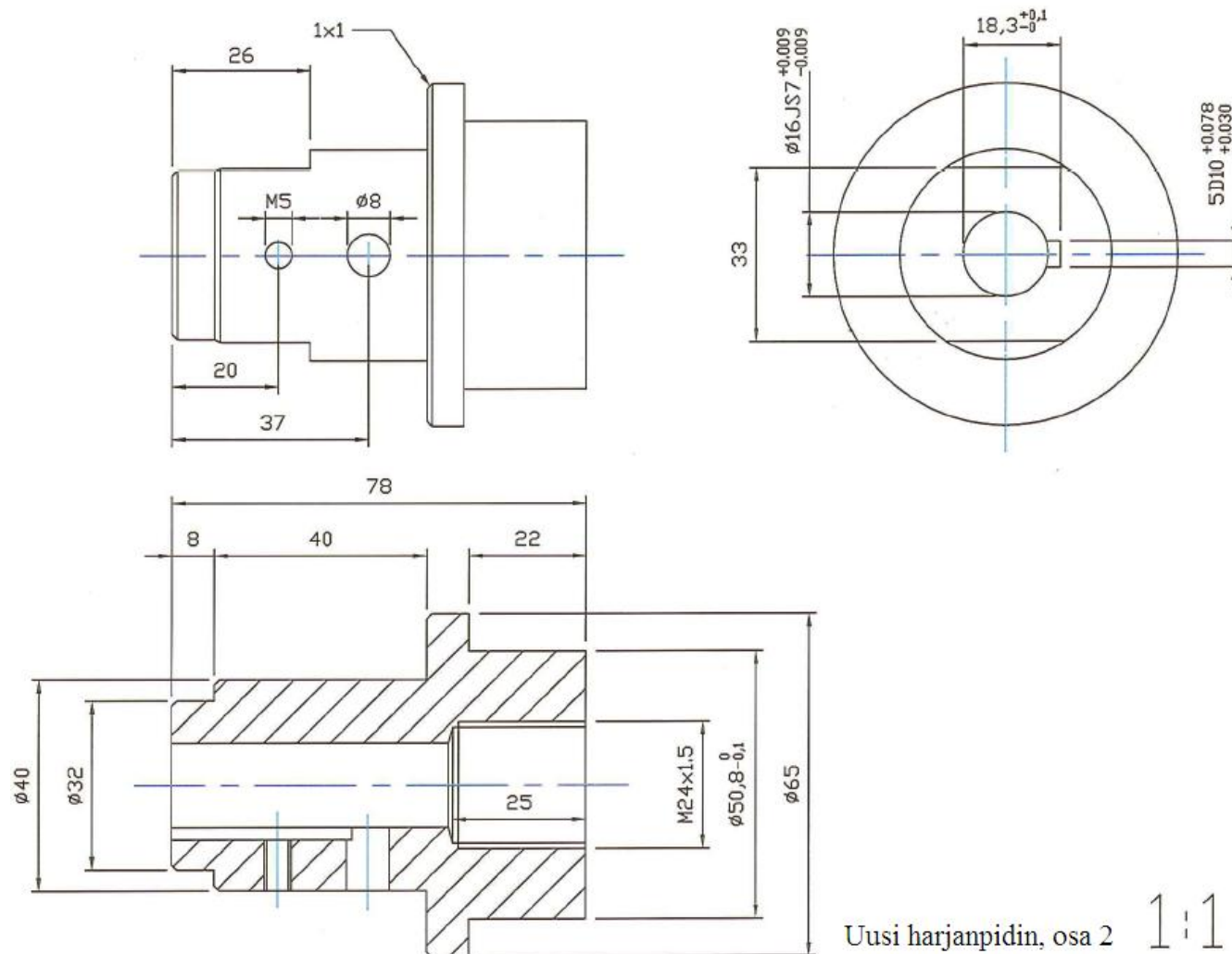
LIITTEET

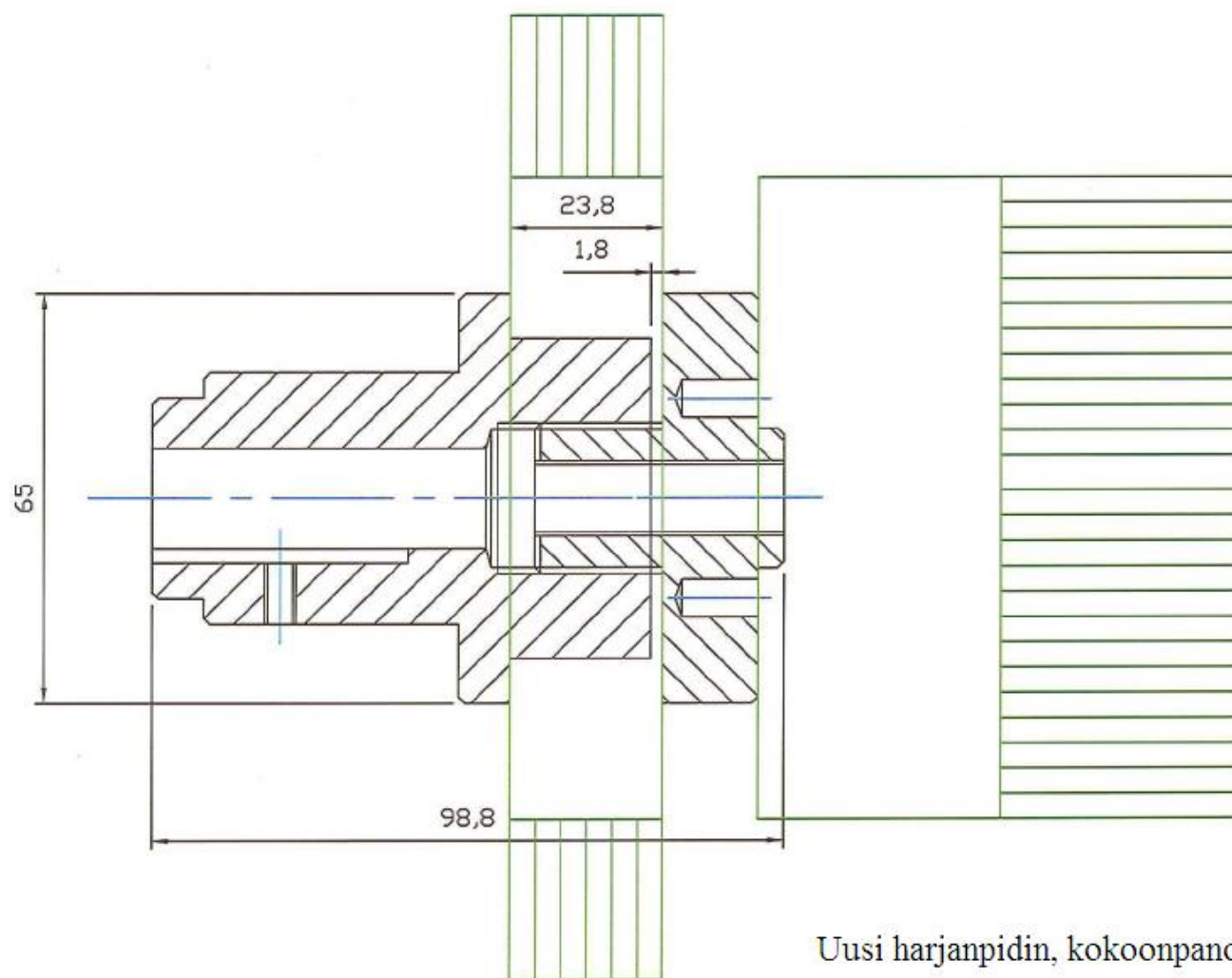
Liite 1. Uuden harjanpitimen piirustukset

Liite 2. Robottiohjeet

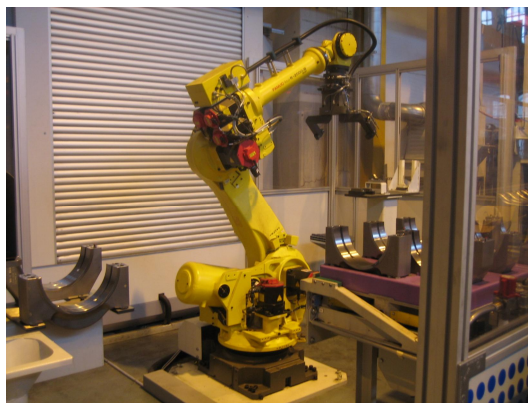


Uusi harjanpidin, osa 1 1:1





ROBOTTIOHJEET



KELTAINEN VALO VILKKUU (KÄSITTELYROBOTTI)

Varoitus - hiomarullia on vaihtotelineessä enää 6 tai vähemmän.

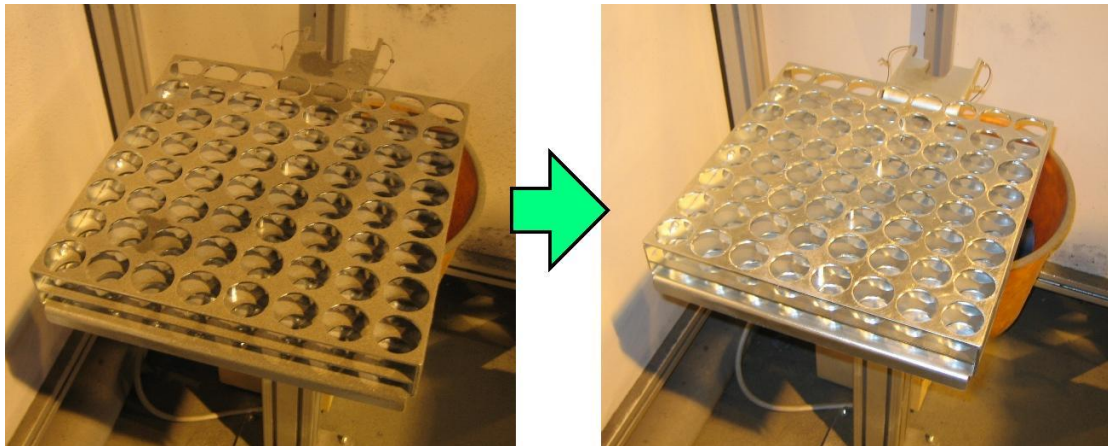
HIOMARULLIEN TÄYTTÖ

HÄLYTYS

Robotin hiomarullat ovat loppuneet. Robotti pysähtynyt kotiasemaan hiomatyökalun kanssa.

TOIMENPITEET

1. Kuitataan hälytys painamalla ohjaimesta **ENTER**
2. Käydään putsaamassa hiomarullien vaihtoteline **perusteellisesti** paineilmalla



3. Täytetään teline uusilla hiomarullilla, ei jätetä tyhjää
- Jos ei ole tarpeeksi rullia, otetaan hiominen pois päältä (seuraava sivu)
4. Painetaan **FAULT RESET** ja **CYCLE START**. Robotin pitäisi jatkaa toimintaansa

VARREN SILMUKAN HIOMINEN PÄÄLLE/POIS

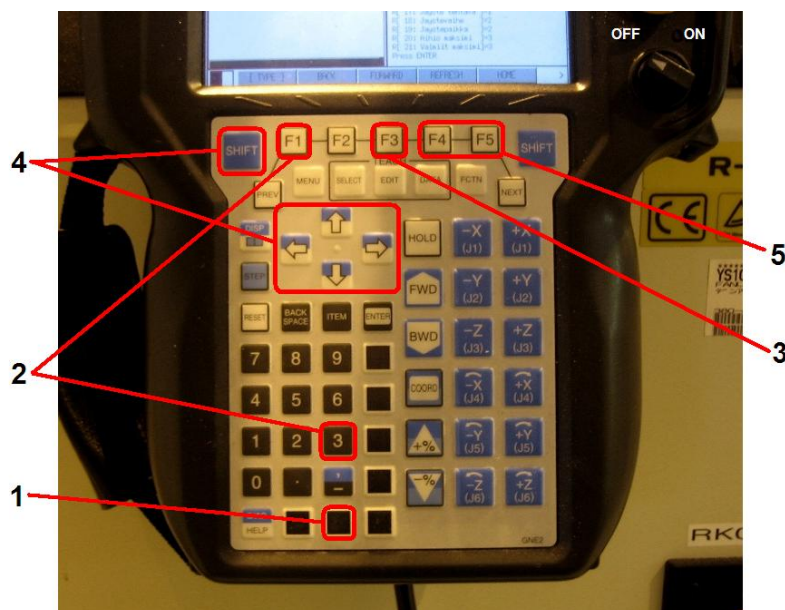
ONGELMA

Robotti ei hio varsia, halutaan päälle /

Robotille ei riitä hiomarullia tai hiomisen kanssa ongelmia, halutaan pois päältä

TOIMENPITEET

1. Painetaan robottiohjaimesta **mustaa nappia**. (ks. kuva)
2. Painetaan ohjaimesta **F1**, ja valitaan ruutuun tulevasta valikosta **3 Digital**
3. Näkyviin tulee joko DI- tai DO-lista. (Digital Input, Digital Output) Valitaan **F3**-napista DO-lista.
4. Etsitään listasta **nuolinäppäimillä DO[456] [HIO VARSI R115]**. **SHIFT**-nappi pohjassa pääsee liikkumaan 10 riviä kerrallaan.
5. Valitaan DO:lle haluttu asento, **F4** = ON, **F5** = OFF



KUMIKARTION VAIHTO 1/2 (kuvat seuraavalla sivulla)

HÄLYTYS

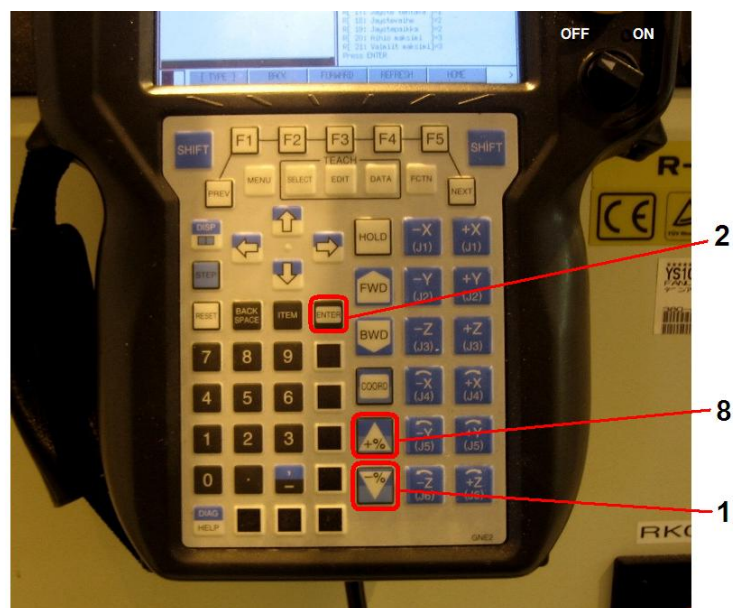
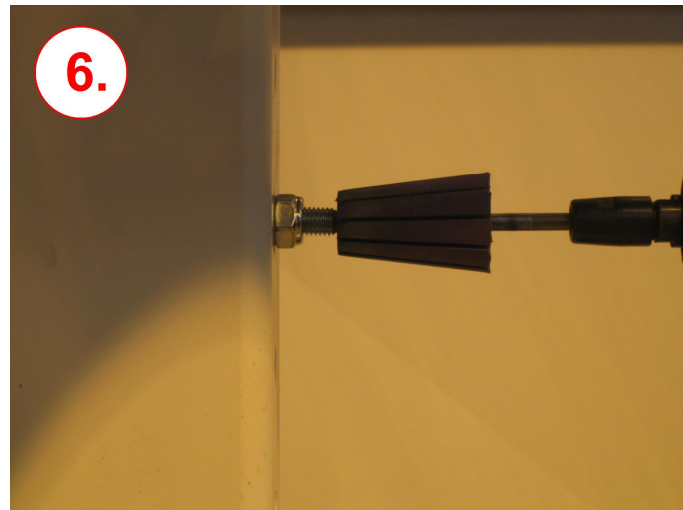
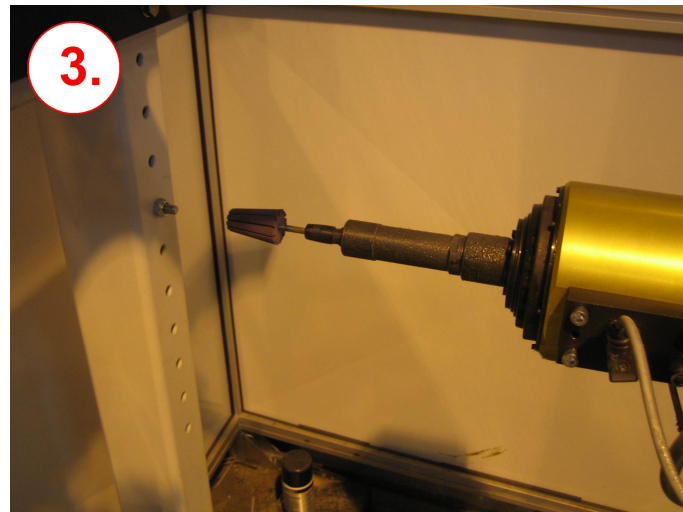
Kumikartion varsi poikennut tai hiomarulla pudonnut, robotti pysähtynyt hiomarullien vaihtotelineelle



TOIMENPITEET

1. Robotin toiminta-asennoksi **AUTO**, varmuuden vuoksi robotin nopeus voidaan laittaa pienemmälle napista ▼-%
2. Kuitataan hälytys painamalla ohjaimesta **ENTER**-nappia. Painetaan **FAULT RESET** ja **CYCLE START**
3. Robotti liikkuu työkalujen vaihtotelineelle ja pysähtyy
4. Käydään tarkistamassa kumikartion kunto. Jos kartio on huonokuntoinen tai puuttuu kokonaan, vaihdetaan uusi lyhennetty kartio tilalle, **ilman hiomapaperia! Ei kiristetä uutta kartiota vielä kiinni!**
5. Laitetaan ovi kiinni, painetaan **FAULT RESET** ja **CYCLE START**
6. Robotti liikkuu lähelle työkalutelineessä olevaa ruuvia ja pysähtyy. Asetetaan kartion pää vasten ruuvia, tämä on kartion oikea pituus. Kiristetään kartio kiinni järkevällä momentilla.
7. Laitetaan ovi kiinni, painetaan **FAULT RESET** ja **CYCLE START**
8. Robotti liikkuu takaisin hiomarullien vaihtotelineelle tarkistamaan, onko pituus oikea
 - Jos on, robotti jatkaa toimintaansa. Laitetaan nopeudeksi 100 % napista ▲+%
 - Jos ei, niin sama hälytys toistuu. Palaa ohjeen alkuun. (jos kartiossa on hiomarulla, niin ohjelma luulee, että pituus on väärin asetettu)

KUMIKARTION VAIHTO 2/2



KELTAINEN VALO VILKKUU (JÄYSTEROBOTTI)

Varoitus – Koneviila alkaa olla kulunut ja se pitää pian vaihtaa.

KONEVIILAN VAIHTO 1/3

(kuvat seuraavalla sivulla)

HÄLYTYS

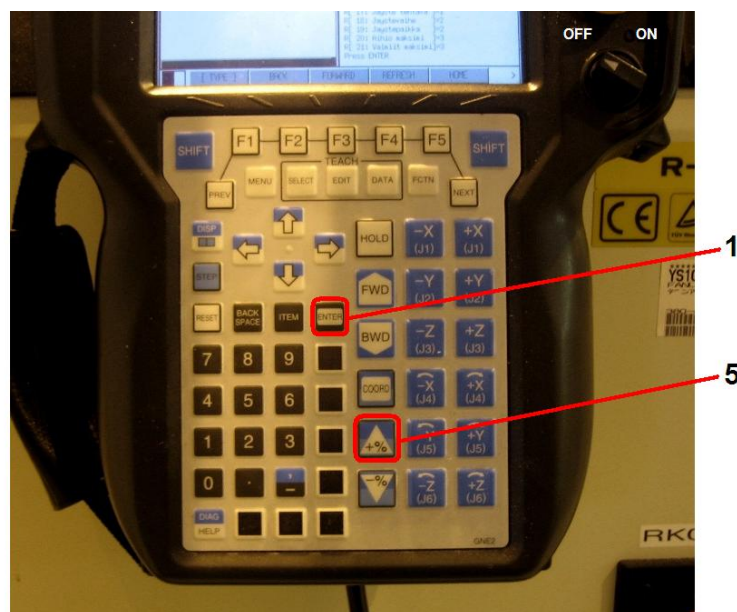
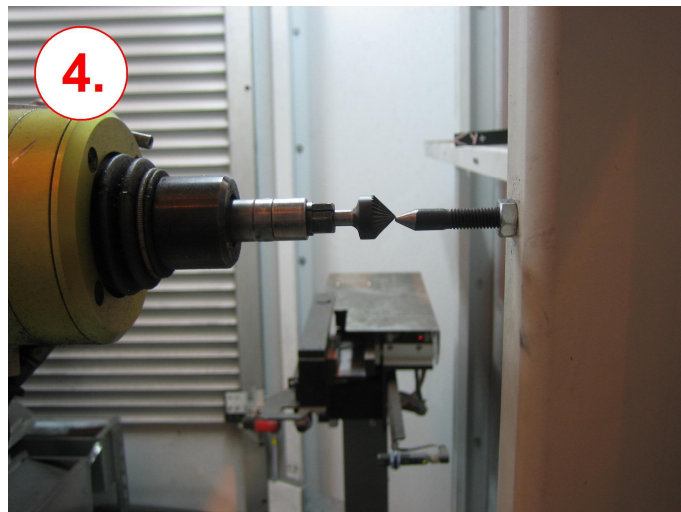
Koneviila on kulunut loppuun. Robotti on pysähtynyt kotiasemaan.



TOIMENPITEET

1. Kuitataan hälytys painamalla ohjaimesta **ENTER**
2. Painetaan **FAULT RESET** ja **CYCLE START**. Robotti liikkuu viilan vaihtoon.
3. Käydään vaihtamassa uusi koneviila. **Ei kiristetä vielä kiinni!**
4. Laitetaan ovi kiinni ja painetaan **FAULT RESET** ja **CYCLE START**. Robotti liikkuu työkalutelineessä olevan tapin lähelle. Kiristetään uusi viila kiinni siten, että sen pää on tapin kärkeä vasten.
5. Laitetaan ovi kiinni ja painetaan **FAULT RESET** ja **CYCLE START**. Robotti käy tarkistamassa, menikö pituuden säätö oikein.
 - a. Jos meni, niin robotti jatkaa toimintaansa. Varmistetaan vielä, että robotin nopeus on 100 % napista **▲+%**
 - b. Jos ei, niin tulee hälytys. Palataan ohjeen kohtaan 1.

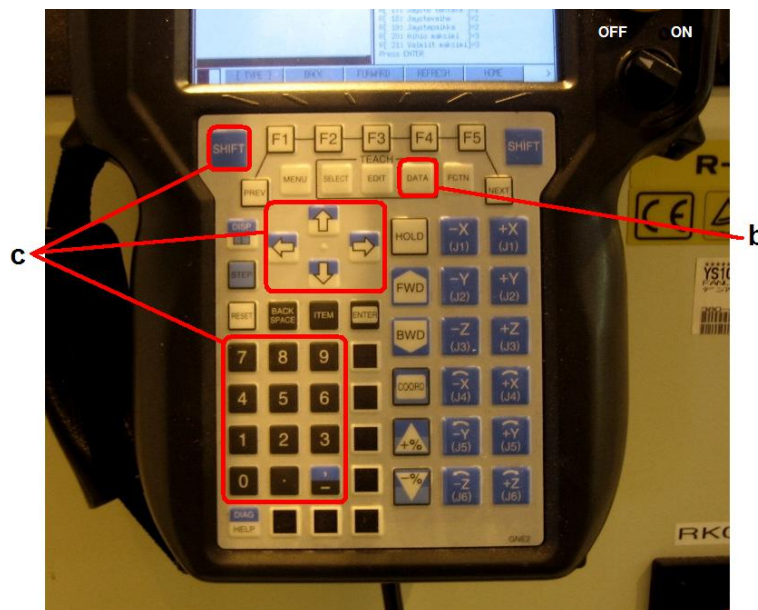
KONEVIILAN VAIHTO 2/3



KONEVIILAN VAIHTO 3/3

Viila voidaan myös vaihtaa jo siinä vaiheessa, kun keltainen valo vilkkuu, mutta hälytystä ei ole vielä tullut. Viilan vaihto ennen hälytystä:

- Katsotaan, ettei jäysterobotilla ole jäystettävää kappaletta, ja että työkaluna on koneviila.
- Painetaan **DATA**-nappia, jolloin näytölle tulee lista robotin rekistereistä
- Etsitään listasta **nuolinapeilla** laskuri **R[80: VIILA OK] = 0...89**. **SHIFT**-nappi pohjassa pääsee liikkumaan 10 riviä kerrallaan. Vaihdetaan numeronapeista laskurin arvoksi jokin luku, joka on suurempi kuin 89, esim. 99.
- Tällöin tulee hälytys, että koneviila on kulunut loppuun. Vaihdetaan koneviila ohjeen mukaan.



HIOMAPAPERIN VAIHTO 1/2

(kuvat seuraavalla sivulla)

HÄLYTYS

Hiomapaperi loppunut jäysterobotilta

TOIMENPITEET

1. Kuitataan hälytys painamalla ohjaimesta **ENTER**. Nostetaan paperinsyöttölaitteen kansi ja ajetaan paperin loppu ulos laitteesta (Laitteen kyljessä olevista napeista ylin nappi)
2. Vaihdetään uusi hiomapaperirulla laitteeseen ja asetetaan sen alkupää syöttörullan alle
3. Syötetään paperia niin, että se tulee leikkausterien ylitse (ylin nappi)
4. Leikataan paperin pää ja heitetään pois. (keskimmäinen nappi) Kuitataan käyttämällä paperintaittoa. (alin nappi) Kansi kiinni.
5. Painetaan **FAULT RESET** ja **CYCLE START**. Robotin pitäisi jatkaa toimintaansa. Varmistetaan vielä, että seuraava paperinvaihto onnistuu. Jos näin ei käy, niin joudutaan ajamaan robottia vähän matkaa käsiajolla.
6. Käännetään robotin toiminta-asennoksi avaimesta **T1** tai **T2**, ja ohjain **ON**-asentoon
7. Varmistetaan että robotin nopeus on pieni (korjataan mahd. napista **▼-%**)
8. Painetaan robottiohjaimesta ”**kuolleen miehen kytkintä**” kevyesti ja pidetään painettuna (ohjaimen takana)
9. Painetaan ohjaimesta **RESET**
10. Painetaan ohjaimesta **SHIFT** pohjaan painettuna **FWD**, (pidetään **SHIFT**-nappi pohjassa) jolloin robotin pitäisi lähteä liikkeelle ja käydä vaihtamassa uusi hiomapaperi. Annetaan robotin liikkua, kunnes paperinvaihto on valmis ja robotti lähtee kohti jäystettävää kappaletta. Tässä vaiheessa ei haittaa, vaikka työkalussa ei paperia olisikaan.
11. Pysäytetään robotti päästämällä **SHIFT**-nappi pohjasta. Tällöin robotti pysähtyy jouhevasti.
12. Käännetään robotin toiminta-asennoksi **AUTO**, ja ohjain **OFF**-asentoon
13. Painetaan **FAULT RESET** ja **CYCLE START**. Robotin pitäisi jatkaa toimintaansa.
14. Laitetaan nopeudeksi 100 % napista **▲+%**
15. Varmistetaan vielä, että seuraava paperinvaihto onnistuu

HIOMAPAPERIN VAIHTO 2/2

